

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique**

**Université Hassiba Ben Bouali de Chlef**  
*Faculté des sciences & sciences de l'Ingénieur*

**Département de Génie des Procédés**

**Spécialité : Eau et Environnement**

**MEMOIRE DE MAGISTER**

**ANALYSE DES DECHETS MENAGERS SOLIDES DE  
LA VILLE DE CHLEF. METHODES DE TRAITEMENT**

Par

M<sup>elle</sup> TAHRAOUI Douma Naima

Devant le jury constitué de :

M <sup>r</sup> BETTAHAR N	Pr. U.S.T.O (Oran)	Président
M <sup>r</sup> DOUANI. M	Dr. M.A/C.C U.H.B.B (Chlef)	Promoteur
M <sup>r</sup> OUAGUED. A	Pr. U.H.B.B (Chlef)	Co- Promoteur
M <sup>r</sup> HANINI. S	M.C C.U (Médéa)	Examineur
M <sup>r</sup> MAHMOUDI. L	M.A/C C U.H.B.B (Chlef)	Examineur

Année 2005/2006

**الملخص :** الزيادة المستمرة في كمية مخلفات المنازل تولد خطر جاد على صحة المواطنين , الأنظمة البيئية, البيئة الحية و الاقتصاد.

إن الهدف من دراستنا ركز كخطوة أولى على صفات الدرجات المختلفة للنفايات الصلبة الموجودة بمحطة دفن النفايات بمكناسة لمدينة الشلف. وبالدرجة الثانية تحلل المخلفات السائلة ( ترشيح وتصفية).

استنادا على التقنية الشبه عشوائية للعينات. قمنا بتحديد النسب المئوية لمكونات النفايات حيث لاحظنا أن 40% منها تكون المخلفات العضوية في حين أن 26% منها يمكن اعادة استعمالها ( الزجاج, البلاستيك, الورق, الكارتون و المعادن).

بالإضافة إلى هذا المظهر فان تلوث الماء الأرضي يحتاج إلى تحاليل كيميائية لمياه الناتجة عن تفهقر مخلفات المنازل. باستخدام تقنية الامتصاص الذري بمركز البحوث المتخصص في جامعة العلوم والتكنولوجيا هو واري بومدين

( باب الزوار).

بينت التحاليل وجود تراكيز عالية من Ni و Pb والمقدرة على التوالي كما يلي: 0.855مغ/ل للعنصر الأول و 0.872مغ/ل بالنسبة للعنصر الثاني.

للحد من ظاهرة التسرب المياه الفذرة قمنا بتحليل فيزيائي لنسيج الأرض وذلك باستخدام تقنية العينات المتعاقبة حيث أنها بينت أن تفاذيتها تقدر ب  $3,8 \cdot 10^{-4}$  سم/ثا. كما استعملنا طريقة مقياس الكثافة لتقييم مسامية التربة وحددت تجريبيا

ب 15, 52.

هذه المعطيات تؤكد ضرورة اخذ الحيطة والاحتراس من ظاهرة التلوث مع الأخذ ببناء الهياكل الأساسية للحد من

تدهور البيئة.

**مفتاح الكلمات :**

المخلفات الصلبة , التلوث, تحليل التلوث, تقييم المخلفات الصلبة, تسيير المخلفات الصلبة

**Résumé :** L'augmentation continue de la quantité des ordures ménagères génère un sérieux danger pour la santé publique, les écosystèmes, le cadre de vie et l'économie. L'objectif de notre travail, est axé, d'une part, sur la caractérisation des différentes catégories de déchets solides de la ville de Chlef au niveau de la décharge de Meknassa, ainsi que sur l'analyse de l'effluent liquide.

En se basant sur une technique d'échantillonnage quasi aléatoire, les résultats exprimés en termes de pourcentages de différents constituants sont de l'ordre de 40% (déchets organiques), 26% en déchets recyclables (verre, plastique, papier carton et métaux). Outre cet aspect, la pollution de nappes phréatiques exige l'analyse chimique du lixiviat issu de la décharge. Utilisant la technique de l'absorption atomique au niveau du centre de recherches spécialisées de l'USTHB (CRAPC), l'analyse a mis en évidence l'existence d'une forte concentration en Pb (0,855 mg/l), Ni (0,872 mg/l). De plus, l'impact des produits solubles dans l'eau, exige l'analyse de la texture du sol en utilisant les techniques de carottage pour déterminer la perméabilité du sol laquelle a été de l'ordre de  $3,8 \cdot 10^{-4}$  cm/s. Pour estimer la porosité du sol, on a eu recours à la méthode du pycnomètre. Les résultats nous ont permis de l'estimer à 52,15 %. Ces données semblent confirmer la précarité de la situation ce qui laisse augurer à penser à entreprendre des infrastructures adéquates suivant une politique de protection de l'environnement bien précise.

**Mots clés :** Déchets ménagers, Pollution, Analyse de polluants, Valorisation de déchets, Gestion de déchets.

**Abstract:** The continual increase in the quantity of the household waste generates a serious danger to the public health, the ecosystems, the life environment and the economy. The aim of our work is focalised on the first hand, the characterization of the various categories of solid waste of Chlef town at the discharge of Meknassa, and on the second hand, the analysis of the liquid waste: the leachate.

Based on a quasi random technique of sampling, the results expressed in percentages of various components, are about 40% of organic waste, and 26% of recyclable waste (glass, plastic, paper, cardboard and metals). In addition to this aspect, the pollution of water resources by leachate resulting from this discharge requires its chemical analysis. Using the technique of the atomic absorption at the specialized research center in Algiers's University USTHB (CRAPC). The analysis highlighted the existence of a strong concentration of Pb and Ni: 0,855mg/l for the first one and 0,872 mg/l for the last one.

Moreover, the impact of the water soluble products requires the analysis of the texture of the soil by using the technique of carrottage in the order to determine the permeability of the ground, which were about.  $3,8 \cdot 10^{-4}$  cm/s. For the next step, we have estimated the soil porosity using the pycnometer method. The results allowed us to estimate it at 52, 15%. These data seem to confirm the hazardous and dangerous situation and the neccessity to undertake adequate infrastructures according to a politic of a quite accurate environmental protection.

**Key words:** Solid waste, Pollution, Polluents analysis, Solid waste valorisation, Solid waste management.

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Mr DOUANI. M Dr à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'université de Chlef, mon directeur de thèse, qui m'a offert cette chance formidable de travailler sur un sujet aussi passionnant. Grâce à ces suggestions et à son suivi continu j'ai pu apprendre ce qui est, je crois, la chose la plus importante pour un chercheur: la méthodologie de la recherche. Je lui exprime toute ma gratitude.

Je remercie également Mr A. OUAGUED professeur à l'université de Chlef d'avoir accepté la charge de co-promoteur par ces directives et ses conseils scientifiques.

Je souhaiterais aussi exprimer mes profonds remerciements à Mr N. Bettahar Professeur à l'université d'Oran d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse malgré ses nombreuses obligations. Je l'en remercie vivement.

Mes remerciements vont aussi à Mr S. HANINI M.C de l'université de Médéa et à Mr L. MAHMOUDI C.C de l'université Hassiba Ben Bouali de Chlef. Ils ont été d'une extrême gentillesse en acceptant d'être membres de jury.

Je n'oublierai pas de remercier Mr B. Abdi doyen de la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur pour son aide, ses précieux conseils et pour sa gentillesse.

Je remercie également les responsables de la décharge de Meknassa, et ceux du laboratoire de l'ADE de m'avoir offert des conditions favorables pour mon travail.

Je ne voudrais surtout pas oublier de remercier, ma chère mère ainsi que mes sœurs et mes frères sans oublier de dédier ce modeste travail à la mémoire de mon défunt père.

Mes derniers remerciements vont à tous mes amis (es) en particulier Lila Bouali et ses enfants, Zahira, Soumia, Fatima, Habiba, Houria, Faiza, Oudida, Amina, Malika, Mériem, Leila, Ghania, Rachida et Kamel de m'avoir épaulé à chaque instant et pour les échanges d'idées et leur soutien afin de mener à bien mon travail. Sans oublier toute la promotion de magister 2002/2003 de génie des procédés.

Enfin, je remercie mes collègues de travail de la faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques : les enseignants, les responsables et le personnel administratif pour leur soutien moral et leur aide.

## TABLE DES MATIERES

ملخص	I
Résumé	II
Abstract	III
Remerciements	IV
Table des matières	V
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	X
Introduction	XI
<b>Partie I :</b>	
<b>Etude bibliographique de la pollution par les déchets ménagers</b>	
<b>Chapitre I. Impact des déchets sur l'environnement</b>	01
I-1 / Introduction	02
I-2/ Définition	02
I-3/ Situation en Algérie	05
I-4/ Aspects négatifs des déchets	06
I-4-1/ La pollution atmosphérique	06
I-4-1-1/ Origines de la pollution atmosphérique	07
I-4-1-2/ Effets secondaires de la pollution atmosphérique :	08
effet de serre	
I-5/ La pollution biologique	09
I-6/ La pollution du sol	11
I-6-1/ Les principaux contaminants du sol	12
I-7/ La pollution des eaux	14
I-8/ Composition des lixiviats	15
I-9/ Impact des déchets urbains sur l'homme	16
I-10/Conclusion	16
<b>Chapitre II. Analyse des procédés de traitements de déchets</b>	
II-1/ Introduction	19
II-2/ Stratégies de gestion des déchets	19
II-3/ Filières de traitement	21
II-4/ Procédés de traitement	21
II-5/ Valorisation des déchets	24
II-5-1/ Valorisation de matière	25
II-5-1-1/ Avantages et inconvénients du recyclage	26
II-5-2/ Valorisation énergétique	26
II-5-2-1/ L'incinération	27
II-5-2-2/ La thermolyse	30
II-5-3/ La valorisation organique	31
II-5-3-1/ Le compostage	31
II-5-3-2 / La méthanisation	33
II-6/ Mise en décharge	34

II-7/ Aménagement d'un CET	35
II-7-1/ Architecture d'un CET	35
II-8/ Comparaison des différents procédés de traitement	41
<b>Chapitre III. Identification et caractérisation des déchets ménagers solides</b>	<b>44</b>
III-1/ Introduction	45
III-2/ Principales caractéristiques des ordures ménagères	45
III-3/ Identification de la nature de déchets ménagers	47
III-3-1/ Recyclage de Papiers cartons	48
III-3-2/ Plastique	48
III-3-2-1 /Recyclage du plastique	49
III-3-3/ Le verre	49
III-3-3-1/ Recyclage du verre	50
III-3-4/ L'acier	51
III-3-4-1/Valorisation de l'acier	52
III-3-5/ L'aluminium	52
III-3-5-3/ Valorisation de l'aluminium	53
III-3-6/ Valorisation des piles	54
III-3-7/ Valorisation des médicaments	55
III-4/ Les déchets biodégradables	55
III-5/ Les rejets gazeux	56
III-5-1/ Issus de la mise en décharge	57
III-5-2/ Les constituants du gaz d'une décharge	57
III-6/ Les métaux lourds	58
III-6-1/ Les métaux lourds issus des méthodes de traitement des déchets	60
III-6-2/ Incidence des métaux lourds sur la santé	61
III-7/ Conclusion	62
<b>Partie II :</b>	
<b>Etude expérimentale de la pollution par les déchets ménagers de l'agglomération de Chlef</b>	<b>64</b>
<b>Chapitre IV. Caractérisation physique des déchets ménagers solides</b>	<b>65</b>
IV-1/ Introduction	66
IV-1/ Présentation de la zone d'étude	66
IV-3 /Géologie	68
IV-3-1/ Histoire géologique succincte et morphologie	68
IV-4/ Hydrogéologie	68
IV-5/ Comportement hydrodynamique	70
IV-5-1/ Ressources en eau	70
IV-5-2 Ressources en eau souterraine	72
IV-6/ Conditions climatiques	72
IV-7/ Description de la structure de la décharge de Mknassa	73
IV-8/ Analyse quantitative de déchets de l'agglomération de Chlef	75
IV-8-1/ Identification de la composition des déchets solides	76
IV-8-1-1/ Caractérisation physique des déchets solides	77

IV-8-1-2/ Composition des déchets ménagers du centre ville de Chlef dans la décharge	77
IV-8-1-3/ Résultats quantitatifs du tri	78
IV-8-1-4/Variations hebdomadaires du tonnage	79
IV-8-2/ Analyse des résultats	82
IV-8-2-1/ Papier carton	83
IV-8-2-2/ Plastique	83
IV-8-2-3/ Matières organiques	83
IV-8-2-4/ Verre	84
IV-8-2-5/ Textiles	84
IV-8-2-6/ Métaux	85
IV-8-2-7/ Divers	85
IV-9/ Conclusion	85
<b>Chapitre V. Caractérisation physico-chimique du lixiviat issu de la décharge</b>	<b>87</b>
V-1/ Analyse du lixiviat de la décharge	88
V-2/ Interprétation des résultats de l'analyse	90
V-2-1/ Paramètres organoleptiques	91
V-2-2/ Paramètres physico-chimiques	91
V-2-3/ Paramètres de pollution	92
V-2-4/ Minéralisation globale	94
V-2-5/ Paramètres indésirables ou toxiques	95
V-3/ Analyse de la texture du sol de la décharge	96
V-3-1/ Principe de détermination de la perméabilité	97
V-3-2/ Détermination de la porosité	99
V-4/ Interprétation des résultats	100
Conclusion et suggestions	
Références bibliographiques	
Annexe I	
Annexe II	
Annexe III	
Annexe IV	

## Liste des tableaux

Tableau I -1: Temps nécessaire à l'atteinte des limites acceptables de concentrations en métaux lourds dans le sol.	12
Tableau I-2 : Exemples de composition de lixiviat.	15
Tableau II-1 : Classification des Filières de traitement des déchets d'après Alain Navarro.	20
Tableau II-2 : Procédés de traitement par voie physique.	21
Tableau II-3 : Procédés de traitement par voie physico-chimique.	21
Tableau II-4 : Procédés de traitement par voie thermique.	22
Tableau II-5 : Procédés de traitement par voie microbiologique.	23
Tableau II-6 : Procédés de traitement par stockage.	23
Tableau II-7 : Procédés de traitement par voie radiative.	23
Tableau II-8 : Avantages et inconvénients de l'incinération.	27
Tableau II-9 : Les valeurs limites d'émission en $\text{mg}/\text{mm}^3$ d'une installation d'incinération.	28
Tableau II-10 : Coût d'incinération.	29
Tableau II-11 : Bilan de thermolyse d'une tonne de déchets ménagers.	30
Tableau II-12: La teneur en eau des matériaux à composter.	32
Tableau III-1 : Principaux thermoplastiques.	49
Tableau III-2 : Evolution de la quantité de verre récupéré en France.	50
Tableau III-3 : Evolution du taux de recyclage du verre en Europe, 1996.	51
Tableau III-4 : Répartition de la consommation d'aluminium.	52
Tableau III-5 : Consommation de " boîtes boisson" par habitant 1997.	53
Tableau III-6 : Evolution de la valorisation des médicaments (en tonnes).	55
Tableau III-7 : Part de métaux lourds apportée pour chaque type d'ordures ménagères (En pourcentage - données 1993).	59
Tableau III-8 : Composition physico chimique des ordures ménagères (en $\text{mg}/\text{kg}$ de matière sèche).	59
Tableau IV-1 : Types d'eau et qualité chimique des eaux souterraines au Moyen-Chéiff occidental.	72
Tableau IV-2 : Horaires de rotation de véhicules de collecte.	77
Tableau IV-3 : Paramètre d'analyses des déchets solides ménagers de la décharge.	77
Tableau IV-4 : Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois de mars 2005.	80
Tableau IV-5 : Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois d'avril 2005.	80
Tableau IV-6 : Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois de mai 2005.	80
Tableau récapitulatif n° IV-7 : Quantités d'ordures ménagères – Variations mensuelles des ordures ménagères durant les mois de mars, avril et mai 2005.	82
Tableau IV-8 : Le pourcentage des déchets ménagers par catégorie.	83
Tableau V-1, a : Paramètres organoleptiques.	90
Tableau V-1, b : Paramètres Physico-chimiques.	90
Tableau V-1, c : Paramètres de pollution.	91
Tableau V-1, d : Minéralisation globale.	91
Tableau V-1, e : Paramètres indésirables ou toxiques.	91

Tableau V-2 : Résultats des analyses du coefficient de perméabilité du sol de la	100
décharge de Meknassa.	
Tableau V-3 : Résultats de calculs de la porosité du sol de la décharge de Meknassa.	101

## Liste des figures et cartes

FigureI-1 : Schéma explicatif de l'effet de serre.	08
Figure II-1 : Organigramme des stratégies de gestion des déchets.	18
Figure II-2 : Schéma d'une installation d'incinération de la communauté des communes de l'agglomération de Grenoble.	26
Figure II-3 : Procédé de la pyrolyse.	29
Figure II-4 : Schéma d'une installation de compostage.	31
Figure II-5: Schéma descriptif de la structure du casier.	36
FigureII-6: Disposition des casiers et alvéoles.	36
Figure II-7 : diagramme de perméabilité des matériaux et sols comme barrière d'étanchéité (géo membrane (GM), géo synthétique bentonitique (GSB)).	37
Figure II-8 : Différents composants du dispositif d'étanchéité de la barrière active.	37
Figure II-9 : Différentes couches constitutives de la couverture.	38
Figure II-10: Dispositif de collecte de lixiviats.	40
Figure II- 11 : Modèle conceptuel du système de gestion de déchets.	43
Figure III-1 : cycle de vie du déchet.	47
Figure III-2 : Etude comparative de consommation d'énergie entre différent procédé de fabrication de verre.	50
Figure IV-1 : La stratigraphie synthétique du Moyen-Chélif occidental.	69
Figure IV-2 : Vue générale de la décharge actuelle.	75
Figure IV-3 : L'accumulation du lixiviat hors décharge.	75
Figure IV-4 : Variations quantitative et qualitative des ordures durant le mois de mars 2005.	81
Figure IV-5 : Variations quantitative et qualitative durant le mois d'avril 2005.	81
Figure IV-6 : Variations quantitative et qualitative des ordures durant le mois de mai 2005.	82
Figure IV-7 : Variations mensuelles quantitative et qualitative des ordures durant les mois de mars, avril et mai 2005.	83
Figure V-1: Schéma du perméamètre à charge variable.	99
Figure V-2 : Représentation schématique du milieu poreux.	101
Carte IV-1 : Carte géographique localisant le Centre d'Enfouissement Technique de Meknassa (Echelle :1/50000).	67
Carte IV-2 : Carte des nappes du Moyen-Chélif occidental.	70
Carte IV-3 : Carte piézométrique, avril 2004.	71

## Introduction

La civilisation moderne produit des masses colossales de déchets solides d'origines (domestiques, industrielle, hospitaliers, agricoles). Si les déchets ne sont nuisibles qu'en raison de leur caractère encombrant, ils peuvent également être toxiques et générer de graves problèmes de pollution. L'Algérie doit faire face à une augmentation continue du volume de déchets produit dans le pays. Cette augmentation est due non seulement à la croissance régulière du nombre d'habitants, mais aussi au changement de modes de production et de consommation de sa population. Il s'agit des déchets très divers : déchets ménagers, industriels, des activités commerciales, des activités de soins, du bâtiment, des espaces verts, etc. Ainsi l'évolution qu'a connue l'Algérie durant ces dernières décennies s'est, bien entendu, répercutée sur la nature des déchets solides aussi bien sur les plans qualitatif que quantitatif. Leur prise en charge connaît des insuffisances. Elle nécessite un traitement global du problème qui concerne l'organisation de la collecte, du tri et du traitement.

Ces difficultés de gestion sont principalement dues aux problèmes organisationnels. On précise que l'absence d'un plan directeur de gestion des déchets constitue une contrainte majeure pour une meilleure prise en charge des déchets solides urbains. Toutefois, la gestion actuelle des déchets en Algérie se caractérise par :

- Une mauvaise collecte qui pose des problèmes de salubrité publique et entraîne des risques sanitaires importants.
- Une collecte insuffisante qui entrave les conditions d'évacuation des eaux usées de la ville par l'obstruction des conduites d'égouts.
- La présence de dépotoirs au sein des zones urbanisées et périurbaines qui dégrade la qualité de vie des populations tout en altérant le développement des activités économiques et touristiques.
- Des décharges sauvages qui polluent les nappes d'eau souterraine et les cours d'eau mitoyens.

Dans ce contexte, on procédera à une présentation de la problématique des déchets solides et de leur impact sur l'environnement, avec comme application le centre ville de Chlef dont les déchets sont collectés et transportés vers la décharge de

Meknassa. Notre travail est orienté principalement sur la caractérisation physique de ses déchets urbains solides, avec objectifs, la contribution à la maîtrise et à un meilleur choix d'une méthode de traitement adéquate de dépollution, rentable économiquement.

Dans une première partie, nous présentons une étude bibliographique en se basant sur la distinction des différents déchets solides et leur impact sur l'environnement. Dans les deux chapitres suivants, nous donnons un aperçu général sur les différentes méthodes de traitement et de valorisation des déchets ménagers solides tout en tenant compte de leur interaction environnement-économie en fonction des différentes catégories d'ordures ménagères solides.

Notre travail expérimental comprend une partie expérimentale qui contient une analyse physique des déchets ménagers de la ville de Chlef, une analyse physico-chimique du lixiviat de la décharge et enfin, une analyse de la texture du sol de la décharge pour cerner une partie du grand problème de la gestion et traitement des déchets. On précise que la caractérisation du lixiviat se rapporte à sa composition chimique qui est obtenue par absorption atomique.

En guise de conclusion, on avancera des suggestions sous forme de recommandations qui sont basées sur les résultats obtenus dans cette étude.

## Partie I

# **Etude bibliographique de la pollution par les déchets ménagers**

# Chapitre I

## Impact des déchets sur l'environnement

## **I-1/ Introduction**

Dans le langage courant, le terme déchet urbain désigne une ordure immonde ou tout autre résidu rejeté parce qu'il n'est plus consommable ou réutilisable dans l'état. Avec le développement technologique ainsi que du mode de vie des citadins, il va de soi que cette définition est très restrictive et possède une connotation dévalorisante du déchet. En effet, elle s'avère peu conforme à la réalité et que l'introduction des unités de leur revalorisation impose l'adoption d'une définition nouvelle, relativement plus réaliste.

## **I-2/ Définition**

Au sens de la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001(Article3), on entend par déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

Déchets ménagers et assimilés : Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui de par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

Comme corollaire du développement de la société de consommation, l'apparition de produits dont la durée de vie est de plus en plus courte, conduit à un gaspillage abrupt et effréné des différentes ressources naturelles de matières premières tout en occasionnant une pollution des milieux environnants. C'est ainsi qu'au mot "progrès", il faut indéniablement associer celui moins flatteur de "pollution". [1] Ayant noté la multiplication des objets et des produits, l'accumulation des déchets dans les décharges a établi une situation relativement préoccupante. La manipulation de ses décharges exige une gestion rationnelle et efficace à tous les égards .Outre l'aspect repoussant des déchets, les odeurs et les fumées générées au niveau des décharges sont à l'origine d'une pollution des eaux souterraines et de l'atmosphère. Ayant pris conscience de la gravité de la situation et de son ampleur sur le plan mondial, l'opinion internationale a contraint les gouvernements et les industriels à prendre en charge toutes ces incommodités issues des sociétés modernes. En effet, ce n'est qu'au début des années 70 (conférence de Stockholm en 1972 et conférence mondiale de Rio en 1992) que les

mentalités et les comportements des consommateurs, des producteurs et des législateurs ont changé et que le déchet tend à devenir un produit de valeur, une matière première qui entre progressivement dans un cycle de récupération et de recyclage (Bourse de certains déchets est déjà une réalité). [2]

Si d'énormes progrès sont faits particulièrement en matière de gestion rationnelle des déchets dans les pays industrialisés, il y a lieu de noter que l'accent est mis sur:

- ✚ Priorité à la prévention par la réduction de la nocivité des déchets. Dans ce contexte, le rôle stratégique et la responsabilité des producteurs et distributeurs est mis en exergue.
- ✚ Collecte et traitement approprié des déchets générés. Le coût engendré est supporté soit par le détenteur soit par le producteur du produit générateur de déchets (Emballages, déchets dangereux, etc.).
- ✚ Valorisation d'abord et élimination par la suite.
- ✚ Mise en décharge contrôlée uniquement des déchets ultimes c'est-à-dire les déchets ayant préalablement subi un traitement ou déchets non susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques actuelles. C'est ainsi que dans ces pays, la gestion des déchets est à la fois un objectif écologique et économique.

**Exemples :*****\*Gestion intégrée des déchets à Rio de Janeiro***

Les 5,3 millions d'habitants de Rio produisent 6000 tonnes de déchets par jour. Malgré son parc de 1000 véhicules et ses 17000 employés, le système municipal d'élimination des déchets en vigueur jusqu'à ces deux dernières années était inadéquat. De nombreux déchets non ramassés encombraient les rues de la ville, alors que le transport d'ordures aggravait la congestion automobile urbaine; les déchets toxiques se mêlaient aux ordures ménagères sur la décharge de Gramacho et la baie de Guanabara était contaminée par des écoulements de lixiviat de décharge. Pour la ville de Rio, il s'agissait de concevoir un système de gestion des déchets capable de résoudre l'ensemble de ces problèmes.

Un projet de collaboration de 357000 dollars a été mis en place avec le soutien financier de l'Union Européenne. Ce projet s'appuyait sur une analyse rigoureuse de la situation existante. La municipalité de Rio a organisé un concours auprès des bureaux d'études brésiliens. L'utilisation de logiciels français a facilité l'élaboration d'un projet global et la conception de nouveaux outils décisionnels. La communauté urbaine de Lille et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) ont contribué à la mise sur pied du projet.

Il est apparu qu'une refonte du système de transfert des déchets était indispensable pour garantir le bon fonctionnement et la pérennité de ce système. Le nouveau projet de gestion intégrée des déchets comprend les éléments suivants :

- Système de transport intermodal des déchets ;
- Tri des déchets recyclables sur les sites de transfert,
- Utilisation accrue du transport ferroviaire afin de réduire les encombrements urbains et la pollution atmosphérique induite tout en minimisant le coût global du système.

Ce projet se caractérise, en outre, par la collecte, la gestion et le transport séparés des déchets hospitaliers afin d'éviter tout amalgame avec les ordures ménagères.

L'aspect éducatif du nouveau programme constitue également une innovation. L'information du public et des médias a été améliorée et des actions de formation ont eu lieu à l'échelle des quartiers. La réduction des dépenses de santé publique consécutive à l'amélioration générale des conditions d'hygiène avec le redémarrage des activités touristiques constitue des retombées positives. De plus, le programme a permis à la municipalité de Rio de nouer des relations de partenariat avec Lille et l'Union Européenne, qui devraient pérenniser la collaboration en matière de développement urbain durable. [3]

### ***\*Système de gestion des déchets à Lille (France)***

L'agglomération lilloise se contentait de mettre en décharge ou d'incinérer ses ordures. Le programme actuel, qui prévoit une refonte de ce système, cherche à établir parmi les utilisateurs une culture et une pratique quotidiennes du tri des déchets à la

source. Chaque foyer reçoit deux conteneurs compartimentés, le premier étant destiné aux déchets propres et secs (papier/carton et verre/métal/plastique), l'autre aux matières organiques compostables et à tous les déchets n'entrant dans aucune des catégories précédentes. Dans le cas des immeubles collectifs, la collecte séparée ne s'applique pour l'instant qu'aux déchets propres et secs. A ce jour, quelque 100000 personnes ont été associées à ce projet.

Les déchets secs sont triés dans un centre de traitement intermédiaire. Deux bandes transporteuses séparent le papier et le carton d'une part, les bouteilles et les boîtes métalliques de l'autre. Les déchets organiques fermentescibles transitent par une installation de compostage d'une capacité annuelle de 130000 tonnes. Par ailleurs, la CUDL (Communauté Urbaine De Lille) prévoit la construction d'une installation de valorisation énergétique des déchets combustibles non recyclables. Seuls les déchets non combustibles restants seront mis en décharge. [3]

### **I-3/ Situation en Algérie**

Depuis de nombreuses années, l'Algérie connaît un développement économique et démographique sans précédent. Le gouvernement doit s'adapter aux modes de consommation et de production modernes. Le taux élevé d'accroissement de la population a engendré une urbanisation accélérée, le plus souvent de manière anarchique, d'une part, et à la prolifération de l'habitat précaire, la détérioration de la salubrité publique et la saturation totale des infrastructures d'élimination des déchets, d'autre part. Actuellement, les services chargés de la protection de l'environnement sont submergés par les difficultés générées par les traitements qualitatifs et quantitatifs des déchets (ménagers, hospitaliers, industriels, etc.) [4]. De toute évidence, leur croissance phénoménale compromet la possibilité de leur élimination totale. La gestion des déchets en Algérie accuse beaucoup de lacunes, vu que le déchet, au sens propre, est un objet repoussant. Il faut l'éloigner et s'en débarrasser des centres d'agglomération par les moyens les plus adéquats. En réalité, on assiste alors à des dépôts anarchiques de déchets derrière les immeubles, dans les forêts, dans les oueds etc. Cette mauvaise gestion n'est pas seulement d'ordre matériel, mais repose aussi sur un grand nombre d'insuffisances, dont nous en signalons:

- ❖ Non application de la réglementation et manque de contrôle.
- ❖ Communication et sensibilisation environnementale insuffisantes.

- ❖ Non qualification du personnel employé.
- ❖ Récupération insuffisante, voire absente. [5]

Cette situation a conduit au fait que, sur le plan national, il n'y a que seules quelques décharges réalisées sont contrôlées et que la collecte des déchets se fait laborieusement et peu sélectivement. Cette dernière est essentiellement liée aux activités de récupération et de compostage, qui sont peu connues. En effet, seules quelques unités de récupération de matières plastiques et de verre ont vu le jour.

Si de telles anomalies persistent sur le plan législatif, néanmoins elles demeurent à l'origine d'une exploitation anarchique non contrôlée et d'une utilisation d'équipements et de techniques anciens. Il n'y a aucune étude sérieuse tenant compte de cette réalité qui prendrait en charge les différents aspects du problème: Impact environnemental, évaluation des risques, prévision des conséquences d'une telle mauvaise gestion aussi bien sur la faune que sur la flore. Ainsi, la situation des déchets en Algérie est inquiétante aussi bien pour la santé humaine que pour la protection de l'environnement.

#### **I-4/Aspects négatifs des déchets**

De toute évidence, le développement technologique expose l'être humain à des risques de contamination pouvant résulter de la pollution produite par la production.

##### **I-4-1/ La pollution atmosphérique**

L'air naturel, mélange complexe principalement constitué principalement d'azote (78%) et d'oxygène (21%), est indispensable à la vie. Chacun de nous inhale 12.000 à 15.000 litres par jour. La pollution atmosphérique, qui peut être définie comme la présence d'impuretés dans l'air pouvant provoquer une gêne notable pour le confort ou la santé et un dommage aux biens, est fortement influencée par le climat et tout particulièrement par les paramètres tels que le vent, la température, l'humidité et la pression. L'apparition de pollution atmosphérique sur un site ou une zone est liée à la conjugaison des facteurs suivants:

- \* émission plus ou moins importante de polluants ou de facteurs déclenchant ou intensifiant la pollution ;
- \* apport d'énergie généralement solaire ;
- \* mouvements thermodynamiques, dynamiques et énergétiques de l'atmosphère à différentes altitudes ;

- \* densité de végétation à différentes échelles ;
- \* présence de grandes surfaces d'eau agitée ou calme.

Dans les villes, les concentrations urbaines, et notamment leurs émissions de chaleur (domestique et industrielle) favorisent l'instabilité de l'atmosphère et les températures à proximité du sol sont plus élevées qu'en altitude.

Lorsque la température s'inverse en altitude, les polluants s'accumulent du niveau du sol. Le niveau de cette pollution qui peut atteindre 5 à 10 fois sa valeur moyenne hors inversion, explique les très fortes concentrations qui peuvent survenir ponctuellement dans une ville lesquelles sont accentuées par des facteurs aggravants (brouillard, chauffage intensif, trafic perturbé). [6]

Avec l'avènement de nos civilisations modernes, les quantités de substances diverses rejetées dans l'atmosphère, altérant la composition normale de l'air, n'ont cessé d'augmenter. La quasi totalité des activités humaines est source de pollution de l'air, qui apparaît essentiellement sous deux formes:

- \* **gazeuse:** présence de gaz nouveaux ou augmentation de la proportion d'un gaz existant naturellement.
- \* **Solide:** mise en suspension de poussières.

#### **I-4-1-1/ Origines de la pollution atmosphérique**

**Les déchets:** Ils sont à l'origine de plusieurs types de polluants, parmi lesquels:

- **Le méthane:** Cet hydrocarbure est dégagé lors de la décomposition des matières organiques; il contribue fortement à l'effet de serre. En décharge, il y a formation d'un biogaz contenant de 40 à 60 % de méthane (le reste étant du gaz carbonique, de l'azote, du gaz sulfurique, et divers acides plus ou moins volatils et soufrés) sur une période pouvant atteindre une dizaine d'années. Le captage du méthane est une obligation réglementaire.

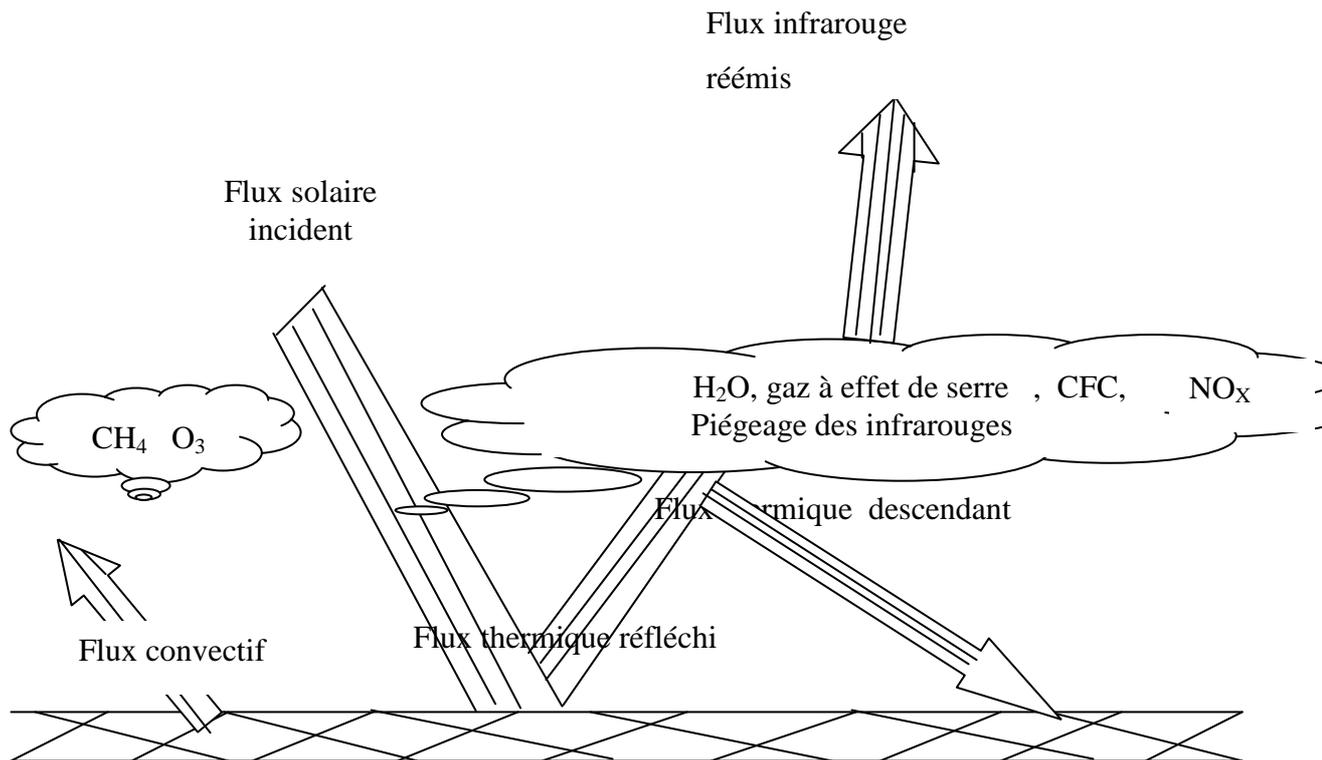
- **l'acide chlorhydrique:** Il est produit par l'incinération de matières plastiques (la combustion d'une tonne de déchets ménagers entraîne l'émission de plus de 7 Kg d'acide chlorhydrique), en moyenne. [6]

- **Les dioxydes et les furanes:** Ils sont principalement générés par les installations d'incinération d'ordures ménagères et ont notamment pour origine la combustion des déchets chlorés.

*-La présence d'une décharge urbaine* : la pollution atmosphérique est accentuée par les fumées des incendies qui se déclenchent sur les décharges, pour atteindre enfin, sous l'influence des vents, les agglomérations et même tout l'environnement de la région. Ce risque s'aggrave plus avec les décharges brutes par rapport aux décharges contrôlées. [7] Il faut noter aussi que les odeurs nauséabondantes qui en découlent ( $H_2S$ ) peuvent être issues des ordures récemment répandues, surtout en périodes chaudes et durant les saisons estivales. [8]

#### **I-4-1-2/ Effets secondaires de la pollution atmosphérique : Effet de serre**

Le rayonnement solaire incident parvenant sur notre planète nous apporte un flux d'énergie thermique. Une bonne partie de ce flux qui atteint le sol contribue à le réchauffer. Le sol réchauffé par les radiations solaires reçues émet un rayonnement infrarouge vers l'atmosphère qui tend à compenser l'énergie reçue. Un certain nombre de gaz, dits à effet de serre, dont le  $CO_2$  et les gouttelettes d'eau de la troposphère sont susceptibles de le piéger et de le réfléchir partiellement vers la terre sous forme d'infrarouge thermique de longueur d'ondes plus grande que celle des infrarouges reçus. Cette absorption et réémission constituent l'effet de serre (Figure I-1). Ce sont l'eau ( $H_2O$ ) sous forme de fines gouttelettes ou de vapeur, le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), le méthane ( $CH_4$ ), les oxydes d'azote et les composés chlorofluorocarbonés (CFC) qui en sont globalement responsables. Leur importance est considérable, même s'ils sont en très faibles quantités dans l'atmosphère. En effet, la propriété de transmettre des infrarouges de grande longueur d'onde n'est pas la même pour tous les gaz. A masse égale, les CFC sont 4000 fois plus efficaces que le  $CO_2$ , l'ozone ( $O_3$ ) 2.000 fois plus, le méthane ( $CH_4$ ) 400 fois plus. [9]



**Figure I-1** : Schéma explicatif de l'effet de serre. [9]

### **I-5/ La pollution biologique**

Le milieu des déchets est un milieu particulièrement marqué par la présence de micro-organismes. Etant naturellement contaminé, le déchet offre un milieu favorable à la prolifération de certains de ces micro-organismes (supports organiques riches, température, conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose particulières) dont la population varie en fonction du type de déchets. Deux types de micro-organismes sont cependant particulièrement caractéristiques des bactéries Gram (-) et des champignons de type aspergillus ou pénicillium. [10]

#### ***-Identification des micro-organismes présents dans les déchets***

##### **\* Les bactéries**

Avec le vieillissement des déchets et en fonction des conditions de température ; d'humidité, les bactéries pathogènes tendent à disparaître tandis que les bactéries

gram (-) et les actinomycètes (bactéries anaérobies saprophytes des muqueuses) colonisent totalement des déchets. Au bout de quelques jours à quelques semaines, la flore bactérienne devient relativement monomorphe (situation caractéristique d'une fosse de déchets d'un incinérateur): Les bactéries Gram (-) ont la particularité de libérer des constituants lipopolysaccharidiques de leurs membranes quand elles se lysent. Ces conditions agissent comme des endotoxines responsables d'altérations de la santé en cas d'inhalation massive. [10]

### **\*Champignons et levures**

Les champignons tendent à proliférer dans les déchets, à partir des spores présentes dans certains déchets organiques (papier recyclé, déchets de jardins). Après quelques jours de stockage, les variétés de type *Aspergillus fumigatus* et *pénicillium* colonisent l'amas de déchets. Les spores de ces champignons sont suffisamment petites (environ 3 um) pour pénétrer profondément dans l'arbre pulmonaire et atteindre les alvéoles. Les levures, type *candida albicans*, sont également fréquemment retrouvées dans les déchets. [10]

### **-Pathologies induites par les micro-organismes**

#### ***Pathologies respiratoires***

Différents types de pathologies respiratoires peuvent être dues à l'une ou l'autre des espèces de micro-organismes présents dans les déchets: Asthme, alvéolite allergique et pneumonie d'hypersensibilisations. Les champignons, type *aspergillus* ou *pénicillium*, sont parmi les agents les plus allergisants et peuvent être responsables d'asthme professionnel. [10]

Les actinomycètes peuvent déclencher des inflammations d'origine allergique, notamment au niveau des alvéoles pulmonaires.

Celles-ci évoluent soit sous forme aiguë (apparition 4 à 6 heures après l'exposition) soit à bas bruit sous forme chronique. Les symptômes associent une toux, une dyspnée, de la fièvre, des myalgies et une hypoxie plus ou moins marquée. Une hyperleucocytose (à lymphocytes) et un infiltrat visible à la radiographie pulmonaire sont généralement associés à ce tableau. Ces épisodes peuvent réapparaître lors de nouvelles expositions. Ces phénomènes allergiques peuvent évoluer vers une atteinte pulmonaire irréversible. [10]

**\*Troubles digestifs**

Les virus et les bactéries pathogènes pour le système digestif peuvent être responsables de troubles digestifs chez les travailleurs de la filière déchets (nausées, diarrhées). Il semblerait que ces troubles soient plus fréquents chez les personnes ayant peu d'ancienneté, et disparaissent par la suite. Les endotoxines peuvent également être responsables de troubles digestifs du même type, associés à des troubles généraux (mal de tête, fatigue, etc.). Ces différentes substances pathogènes ont été observées essentiellement chez des ouvriers de la collecte des déchets, du tri, des centres de stockages ou des stations de traitement des eaux usées. [10] Outre ces troubles, les micro-organismes présents dans les déchets sont susceptibles d'être à l'origine d'infections cutanées ou ORL. Les manifestations ORL ou oculaires peuvent être également dues à l'action énergisante des champignons.

**I-6/ La pollution du sol**

Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. En réalité, le sol est biologiques entre la fraction minérale et la fraction vivante: un système écologique complexe dont les aptitudes, les propriétés résultent des échanges physiques et chimiques.

**\* la partie minérale:** Elle peut être considérée comme une ressource non renouvelable dans la mesure où il faut au moins 1000 à 10.000 ans pour former un sol.

**\*Le potentiel biologique :** Il constitue une fraction renouvelable de cette ressource. Il inclut la matière organique, la faune, la flore, la rhizosphère. Son non renouvellement ou sa dégradation entraînent une modification, une perte partielle ou totale de ses potentialités. [11] Ainsi, la préservation du sol permet d'assurer une longévité beaucoup plus grande des espèces animales et végétales sur terre en leur offrant les conditions favorables et indispensables de la vie. De ce fait, il constitue :

- Un lieu de production agricole et sylvicole
- Une source de matières premières: argile, sable, gravier
- Un support aux constructions humaines: bâtiments, infrastructures de transports
- Une source de l'équilibre: Cycles naturels, de l'air, des substances minérales et organiques

- Une source d'énergie et d'éléments nutritifs pour l'ensemble des organismes terrestres y compris l'homme. [11]

### **I-6-1/ Les principaux contaminants du sol**

\* Les métaux lourds

L'enrichissement des sols en métaux lourds (Fe, Cu, Cr, Zn, Pb, Hg.) est en progression constante. Ces éléments sont apportés par:

- Les engrais minéraux susceptibles de contenir du cadmium, de l'arsenic, du chrome et du vanadium;
- Les amendements organiques sous forme de composts de déchets urbains et de boues de stations d'épuration, qui renferment fréquemment du cadmium, du cuivre, du zinc, du nickel, du mercure, du chrome, du plomb et du sélénium. [12]

Dans une étude de l'impact de métaux lourds (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, Cr, As, et Hg) sur les sols agricoles en Angleterre et dans les pays de Gales tout en tenant des différences sources potentielles (dépôt atmosphérique, fumier de bétail, fertilisateurs organiques, eau d'irrigation et compost.....), il a été noté que les déchets animaux (bétail) et les boues d'épuration sont responsables de l'apport de 37–40% et 5-17% de Zn et Cu respectivement. [13]

Le sol est source, à long terme, de groupes d'éléments potentiellement toxiques tels que les métaux lourds, et leur accumulation progressive conduit, à des concentrations élevées, à une phytotoxicité et à un transfert d'éléments zootoxiques dans le régime de l'alimentation de l'être humain. [14] Cependant, la qualité de l'inventaire en métaux lourds dépend de la disponibilité des données appropriées ainsi que de la fiabilité des données de la source. Il est important de noter que de telles données doivent être actualisées périodiquement. L'utilisation de sources de métaux lourds doit impérativement prendre en considération les problèmes environnementaux c'est-à-dire l'apport des taux maxima annuels afin de préserver la qualité de la santé humaine et végétale. [15] Pour ce qui se rapporte à la pollution des sols par les métaux lourds, les données relatives aux pays européens montrent que la déposition atmosphérique occupe la position de choix ; à savoir 65% de Hg, 77% Pb, 55% de Ni proviennent de l'atmosphère.

La source de contamination par le cadmium la plus largement reconnue est la roche de phosphate. C'est dans cette perspective que l'évolution de la concentration en

métaux lourds dans le sol a été estimée ainsi que le temps nécessaire à l'atteinte des limites permmissibles. Les résultats sont regroupés dans le tableau I-1.

**Tableau I-1:** Temps (année) nécessaire à l'atteinte des limites acceptables de concentrations en métaux lourds dans le sol. [16]

Source	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Cr
L'eau des égouts	80	116	485	645	352	1256
Les engrais	130	794	2709	8749	933	> 10000
Boue de porc	151	219	2580	> 10000	2232	> 10000
Porc FYM	164	246	2667	> 10000	1892	> 10000
Civière de grilleur	281	1642	4705	> 10000	1648	> 10000
Boue de bétail	358	1348	> 10000	9452	2186	> 10000
Bétail FYM	408	1688	3881	> 10000	1621	> 10000
Dépôt atmosphérique	1733	6689	> 10000	> 10000	3893	> 10000
Cambouis de papier	239	286	1443	8501	518	7444
Engrais et chaux	1234	5055	3868	> 10000	1459	> 10000
L'eau d'irrigation	1473	6689	> 10000	> 10000	3893	> 10000

En Algérie une étude assez récente a montré qu'une contamination de l'oued Cheffa (Blida) par les métaux lourds est présente dans le lixiviat avec des teneurs pouvant atteindre, 0,6mg/l pour le plomb, 0,12mg/l pour le chrome et 0,05 mg/l pour le cadmium. Ce résultat se trouve fortement aggravé par l'augmentation du nombre d'habitants et du développement industriel. [17]

**- Les produits phytosanitaires**

Ce sont les insecticides, acaricides, fongicides, herbicides qui sont rangés parmi les produits phytosanitaires. Leur impact sur l'environnement est incontestable. Après ruissellement et infiltration, ces produits se retrouvent dans le sol entraînant la pollution des nappes phréatiques. Ils sont à l'origine d'intoxications responsables de pathologies aiguës graves, pouvant entraîner la mort. Ils sont responsables de cancers des reins, du

foie, ou de l'altération des fonctions immunitaires hormonales ou neurologiques. Il y a lieu de noter qu'il a été constaté une augmentation inquiétante du nombre de leucémies chez les agriculteurs utilisant certains pesticides sans précautions particulières. [12]

### ***\*Les plastiques***

Ce sont les polyéthylènes du polychlorure de vinyle (PVC), du polypropylène et des polyesters. Tous ces plastiques présentent de nombreux risques écologiques, bien que biodégradables, ils restent dans le sol sous forme de macro déchets. [12]

## **I-7/ La pollution des eaux**

La pollution des eaux de surface (oueds, barrages) ou des eaux souterraines (puits, nappes) est due essentiellement au lessivage du dépôt de déchets par les eaux de pluie non collectées. Les déchets urbains peuvent être rejetés directement dans les eaux de surface (rivières, lacs et étangs) ou par l'intermédiaire des eaux de ruissellement, qui s'écoulent sur la surface de la décharge et opèrent un lessivage superficiel (lixiviation). [18]

Les lixiviats peuvent être définis comme étant la dissolution de constituants solubles d'une phase solide dans un solvant, laquelle est une séquence de réactions chimiques qui prennent place aussi bien au niveau des particules du déchet qu'au niveau des processus de transfert du contaminant lors de l'écoulement du fluide à travers les particules solides. Souvent le fluide est l'eau. Les conditions climatiques et la végétation (précipitation, rayonnement solaire, température, évaporation, vent, etc.....) et également la morphologie et le type de la surface du sol sont parmi les principaux variables qui doivent être prises en considération dans le bilan d'eau. Les études basées sur les techniques de traceurs ont montré l'existence de chemins d'écoulement préférentiel à travers la quantité dans la décharge, ce qui limite considérablement l'interaction avec cette dernière

La mobilisation des constituants à partir des déchets minéraux dans le milieu lessivant est le résultat de l'interaction entre facteurs physiques et chimiques. Les facteurs chimiques comprennent la composition chimique du déchet, la minéralogie, la température, le pH, le potentiel redox et la présence de liants, tandis que les facteurs physiques sont représentés par l'air spécifique, taille de particules, la porosité, le gradient hydraulique (diffusion, advection) ainsi que les modes de contact entre lixiviat autour du déchet, écoulement à travers le déchet ou combinaison des deux. Les groupes

de différents contaminants peuvent inclure les ions métalliques, les métaux amphotères, les espèces oxyanioniques et les sels.

La percolation du lixiviat a lieu à la surface du matériau solide (granulaire compacté ou traité) en conduisant à la diffusion moléculaire comme étape déterminante dans la contamination à partir du déchet. Compte tenu de la faible aire spécifique du matériau en contact avec le lixiviat et le transfert extrêmement lent des contaminants, des équilibres chimiques entre phase liquide et phase solide ne sont généralement pas atteints dans le cas de transfert contrôlé par la diffusion. L'influence du pH sur la lixiviation des contaminants est fortement liée à la nature des contaminants ainsi que de la phase minérale dans laquelle ils sont liés. On identifie trois principaux phénomènes de lixiviation pour les mécanismes contrôlés par la solubilité :

- Formation des espèces cationiques et des ions métalliques non amphotères (Cd).
- Métaux amphotères (Al, Pb, Zn).
- Formation d'éléments oxyanioniques (As, Cr, Mo, V, B, Sb)

Les principaux effets de l'augmentation de la température sont :

- Accélération de réactions d'hydratations à travers tout le matériau mouillé ou humide de la décharge.
- A long terme, la formation de sels sur les alentours comme conséquence séchage.
- Modification du phénomène de précipitation, dissolution et équilibres de complexation. [19]

Elle peut conduire à l'évaporation de certains composés gazeux dissous ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) à partir du lixiviat dont la conséquence est l'affectation du potentiel redox et de la concentration en agents de complexation. [20] L'infiltration du lixiviat entraîne des micro-organismes «pollution biologique» et d'autres composés organiques et minéraux «pollution chimique». Ces polluants chimiques sont représentés par les métaux lourds et les ions toxiques pouvant être concentrés à des seuils mesurables et même gênants voire toxiques.

### **I-8/ Composition des lixiviats**

En général, les lixiviats se composent essentiellement de matière organique, de matières en suspension, d'azote (ammoniacque), de métaux lourds, de traces d'hydrocarbures et de divers sels.

Exemple de composition de lixiviat est mentionné dans le tableau I-2 suivant. [21]

**Tableau I-2:** Exemple de composition de lixiviat. [21]

Paramètres	Lixiviat brut
PH	7.2
DCO	686mgO <sub>2</sub> /l
DBO <sub>5</sub>	352mgO <sub>2</sub> /l
Couleur Harzen	
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	220mg
MES	
Fer total	2.1mg/l
Indice phénols	<0.1mg/l
Plomb	0.3mg/l
Cuivre	0.02mg/l
Aluminium	0.36mg/l
Zinc	0.19mg/l
Nickel	0.1mg/l
Hydrocarbures	0.5mg/l

Les lixiviats obtenus à partir de déchets ménagers solides (DMS) enfouis sont sources de contamination des eaux souterraines et des eaux superficielles. [22] L'impact du lixiviat sur la microflore et la microfaune de la plante est très élevé compte tenu de sa charge en matière organique, métaux lourds, teneur élevée en azote et flux de matière de contaminants véhiculés [23]. L'évaluation de l'impact potentiel des constituants du lixiviat sur le procédé de traitement et le choix du schéma de réduction appropriée exigent l'identification des composés responsables de la toxicité laquelle est basée sur la combinaison de techniques de fractionnement physique et chimique, à savoir :

- Caractérisation de l'élément toxique
- Identification de l'élément toxique
- Confirmation de l'élément.

Pour le traitement, une sédimentation préliminaire précédée par une coagulation et traitement par adsorption constituerait une solution efficace pour la récupération de lixiviat brut. [24]

### **I-9/ Impact des déchets urbains sur l'homme**

Le dégagement des substances volatiles sous forme des fumées de la décharge peut entraîner la mort de quelques espèces végétales sensibles, notamment les jeunes plantes. En revanche, la décharge entraîne la croissance des rongeurs et la prolifération des insectes nuisibles ; tels que les moustiques, les mouches qui constituent des sources

de nombreux vecteurs de maladies. [25] Aussi, une concentration élevée en métaux lourds toxiques dans les cendres volantes contribue à la pollution du sol, de l'eau souterraine tout en occasionnant de sérieux impacts sur la santé humaine. [26]

**\* *Les maladies transmises par les chiens:***

- La rage;
- Le typhus transmis par les tiques et les poux;
- La leptospirose et l'hépatite virale, transmises à partir des urines;
- Certains cestodes provoquent notamment le kyste hydatique du foie.

**\**Les maladies transmises par les rats:***

- La typhoïde et la paratyphoïde et autres salmonelloses;
- La dysenterie bactérienne et autres shigelloses;
- Le peste transmise par les puces;
- La leptospirose.

**\**Les maladies transmises par les mouches et les cafards:***

- Le trachome;
- Le choléra;
- De nombreuses dermatoses;..... [25]

**I-10/ Conclusion**

Une analyse bibliographique a mis en évidence le caractère nocif des différentes formes de pollution ainsi que leur sérieux impacts sur la santé humaine et la salubrité de l'environnement. Tout en nous limitant aux déchets ménagers solides et compte tenu de leur nature et leur composition, on note la prolifération de diverses maladies qui entraîneraient la décimation des êtres vivants et des espèces végétales aussi bien au niveau local qu'à l'échelle planétaire car le problème de la pollution ne connaît pas de frontières géographiques.

# Chapitre II

## Analyse des procédés de traitements de déchets.

### II-1/ Introduction

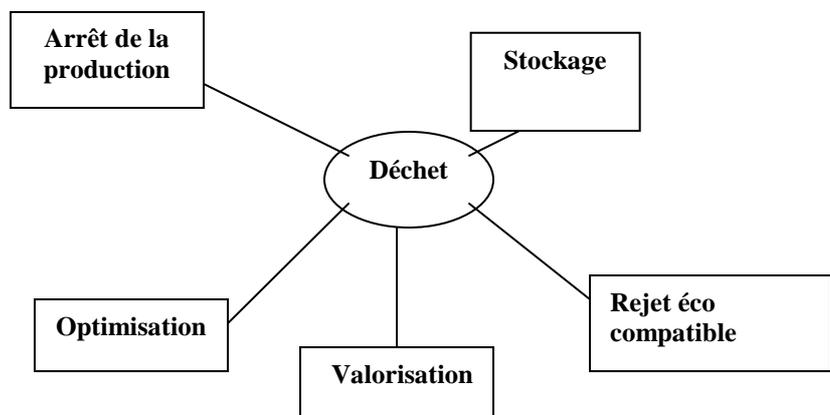
Ayant noté un large spectre de produits toxiques et nocifs, l'accumulation des déchets demeure une situation préoccupante aussi bien sur le plan sanitaire qu'environnementale. La gestion des déchets, indépendamment de leurs origines, exige l'implantation d'infrastructures dont l'objectif primordial est la réduction des nuisances, en adoptant des stratégies qui s'intègrent dans le milieu industriel et écologique.

C'est aussi qu'au début des années 90 que les Etats-Unis d'Amérique se sont engagés dans une politique volontariste de valorisation et de réduction de déchets mis en décharge, conditionnés par une collecte adoptée [6]. En effet, et dans ce cadre, la Californie a mis en place la méthode de collecte semi-automatique. C'est ainsi qu'en fonction de la taille de la ville et de son aspect socio culturel (origine ethnique, niveau d'instruction.....) qu'il a été envisagé de mettre à la disposition des habitants de deux, trois ou quatre poubelles séparées par matériaux résiduaires avec une caractéristique spécifique de la poubelle destinée à la récupération des dérivés de papier (journaux, revues,.....).

Dans ce contexte, la république d'Allemagne est l'un des pays à avoir pris de l'avance en matière de systèmes de collecte séparative [9]. De point de vue législatif, le décret du 12 juin 1991 impose au citoyen allemand de faire, par lui-même, le tri de ses ordures ménagères. Equipé de plusieurs poubelles sélectives, il s'est plié facilement à cette nouvelle instruction [6].

### II-2/ Stratégies de gestion des déchets

Compte tenu de la complexité de sa composition chimique, biologique, Alain Navarro [27] a identifié cinq stratégies possibles de gestion de déchets et ce, en développant l'organigramme présenté par la figure II-1.



**Figure II-1** : Organigramme des stratégies de gestion des déchets. [27]

**\*Arrêt de la production :**

C'est une stratégie très radicale qui consiste à ne plus produire des produits qui conduisent en fin de leur utilisation à un déchet difficilement éliminable ou qui pourraient générer, en cours de sa production, des déchets difficilement éliminables

**\* mise en œuvre d'une politique de valorisation :**

Elle consiste en une stratégie de recyclage et de réutilisation de déchets pour leur valorisation économique. Dans ce domaine, certains secteurs économiques sont à se faire identifier en présentant leurs besoins car ils sont les débouchés pour les matières issues de la valorisation.

**\* stockage :**

Le stockage ne constitue pas une stratégie à proprement parler. Il s'agit de la dernière étape de tout traitement débouchant sur un déchet ultime auquel il faut trouver un exutoire. [9] Il est intéressant de rappeler l'ampleur du problème. La production d'ordures ménagères s'élève à environ 1 kg/j / habitant, avec des variations de plus ou moins 20 % en fonction de la localisation géographique, du type d'habitat, des habitudes régionales (collectes sélective), de la saison. Pour fixer les idées, à une population de 100000 habitants correspond une pullulation d'ordures d'environ 4tonnes/heure, soit de l'ordre de 3500 tonnes/an. [10] La composition de ces déchets est relativement variable selon la région (urbaine ou rurale), la saison et les habitudes locales (collectes sélectives, parcs à conteneurs), avec un pouvoir calorifique inférieur (P.C.I.) qui peut varier entre 6 et 12 MJ/kg. Ils sont composés de 35 à 55 % de matières organiques, de 15 à 30 % de papier et de carton, de 5 à 20 % de verre, de l'ordre de 8 % de matières plastiques, de 3 à 6 % de métaux. A ces matières, il y a lieu d'ajouter des textiles et d'autres matières diverses à raison de 5 à 20 %. [10]

**\* Optimisation et innovation technologique**

Cette stratégie conduit non seulement à une réduction des flux de déchets produits et leur toxicité mais aussi à une optimisation des consommations de matière et d'énergie et à une meilleure maîtrise du procédé. C'est souvent un facteur d'économie et d'amélioration de la qualité. Par ailleurs, d'autres stratégies visant la rétention et la concentration de polluants ont été mises en place pour enfin rejeter un

effluent dépollué vers l'environnement (rejet éco compatible) et stocker un déchet ultime. [9]

### II-3/ Filières de traitement

Les filières de traitement sont classées d'après les critères suivants:

- \*nature du déchet à traiter;
- \* procédé principal mis en œuvre ;
- \* objectif du traitement.

Alain Navarro [27] a proposé une classification des filières de traitement d'après le tableau II.2 qui fait apparaître les objectifs et la nature du déchet à traiter.

**Tableau II-1** : Classification des filières de traitement des déchets d'après Alain Navarro. [27]

<p><b>A/ Valorisation énergétique :</b></p> <p>1) combustion avec récupération d'énergie</p> <p>2) Elaboration de combustibles dérivés par des procédés mécaniques.</p> <p>3) Elaboration de combustibles dérivés par procédés thermiques.</p> <p>4) Elaboration des combustibles dérivés par procédés biologiques.</p>	<p><b>D) Valorisation en agriculture et agro –alimentaire</b></p> <p>12) Amendement organique</p> <p>13) Amendement minéral</p> <p>14) Alimentation pour animaux</p>
<p><b>B/ Valorisation matière première</b></p> <p>5) Matières organiques naturelles ou minérales</p> <p>6) Matières premières minérales métalliques ou non métalliques</p>	<p><b>E/ Valorisation en sciences de l'environnement</b></p> <p>15) Traitement des effluents pollués liquides ou gazeux</p> <p>16) Solidification ou stabilisation des déchets toxiques</p>
<p><b>C/ Valorisation en sciences des matériaux</b></p> <p>7) Liants hydrauliques et matériaux de structure</p> <p>8) Verre et céramique</p> <p>9) Plastiques et caoutchouc</p> <p>10) Fibres cellulosiques de récupération</p> <p>11) Autres.</p>	<p><b>F) Elimination</b></p> <p>17) Incinération.</p> <p>18) Traitement biologique des déchets.</p> <p>19) Traitements physicochimiques</p> <p>20) Mise en décharge.</p>

### II-4/ Procédés de traitement

Une filière de traitement peut faire intervenir plusieurs procédés. L'ADEME a publié un catalogue [18] des procédés de traitement classés en six voies principales (physique, physico-chimique, thermique, microbiologique, radiative et de stockage). [9]

**Tableau II-2 : Procédés de traitement par voie physique. [9]**

	Opérations	Procédés	Technologies
1	Absorption		Boudins, tambours
2	Agglomération	Compactage Extrusion	Compacteurs Extrudeuses
3	Broyage	Cisaillement percussion	Décheteteurs, concasseurs Broyeurs concasseurs
4	Fixation	solidification	Malaxeur, extrudeuse Réactifs: bitume, thermoplastiques
5	Mélange	Liquide/gaz Liquide/liquide Liquide/solide	Agitateurs, mélangeurs statiques Hélices, spires, vis
6	Séparation	Centrifugation Décantation (clarification)	Décanteuse Essoreuse Décanteurs statiques ou à contact de boues
7		Dégrillages Epaississement Filtration (clarification) Filtration (déshydratation/pressage) Flottation Dialyse Microfiltration Osmose inverse Ultrafiltration	Grilles Décanteurs, filtres Sur lit épais Sur support (grille, tamis) Presse, tambour, bande Injecteur d'air, électrodes Membranes

**Tableau II-3 : Procédés de traitement par voie physico-chimique. [9]**

	Opérations	Procédés	Technologie
1	Fixation	Absorption (coalescence) Absorption (simple) Echange d'ions Solidification	Sable, couche céramique, bon actif, gel de silice. Lit de résine Malaxeur, réactifs : ent, silicates de soude, matériaux argileux, liants ques
2	Réaction	Cémentation  Chloration	Lit fluidisé soumis à un champ magnétique. Crible, réacteur, soumis à une action mécanique. Chlore, hypochlorite

		Neutralisation Oxydation par voie Ozonation	Acides ou bases Réacteur, tube, forte pression Ozoneur
3	Séparation	Coagulation – floculation Electrodialyse Electrolyse à membrane Electrolyse Extraction  Précipitation	Mélangeur, coagulant Membrane avec action d'un Mélangeurs, décanteurs Séparateur liquide/solide, mélangeur, réactifs

**Tableau II-4 : Procédés de traitement par voie thermique. [9]**

	<b>Opérations</b>	<b>Procédés</b>	<b>Technologie</b>
1	Désinfection	Décontamination	Micro-ondes
2	Incinération	Déchets liquides Déchets solides  En cimenterie En four à arc Par plasma d'arc	Four rotatif, à grilles, vertical, à lits Fluidisés  Four cimentier Four à arc Torche à arc
3	Pyrolyse	A lits  En bains fondus	Lits fixes, en suspension, fluidisé  Bains de verre, sel, métal
4	Séparation	Concentration par congélation Concentration par évaporation Cryoconcentration Distillation  Pervaporation  Séchage aérolique Séchage mécanique	Groupe frigorifique  Evaporateurs  Freezer à contact direct Colonnes à garnissage ou à plateaux Membranes hydrophiles ou hydrophobes lits fluidisé, atomiseur Lit fluidisé, atomiseur Tambour cylindrique.
5	Vitrification	Fusion à haute température	Four à arc, à arc plasma, à oxyfuel, à oxygaz, chauffage par induction en spires directes

**Tableau II-5 : Procédés de traitement par voie microbiologique. [9]**

	<b>Opérations</b>	<b>Procédés</b>	<b>Technologie</b>
1	Compostage	Humidification, séchage de matières organiques	Andains, aération forcée, lombricompostage
2	Epuration	Aérobies cultures fixées Aérobies culture libres Anaérobies cultures fixées Anaérobies cultures libres	Lits bactériens, granulaires, disques biologiques Boues activées, lagunage Support mobile ou organisé Digesteur

**Tableau II-6 : Procédés de traitement par stockage. [9]**

	<b>Opérations</b>	<b>Procédés</b>	<b>Technologies</b>
1	Stockage de surface et de sub-surface	CET de classe I CET de classe II CET de classe III	Site géologiquement stable, géo membrane, géotextile, drains, bassin de traitement de lixiviats.
2	Stockage profond	Mines de sel Carrières souterraines Puits d'injection.	Site confiné géologiquement stable Puits profonds avec injection sous nappe phréatique.

**Tableau II-7 : Procédés de traitement par voie radiative. [9]**

	<b>Opérations</b>	<b>Procédés</b>	<b>Technologies</b>
1	Décontamination	Electrons	Accélérateur électrostatique.

### II-5/ Valorisation des déchets

Il y a trois facteurs essentiels à prendre en considération pour le choix de procédés de valorisation du déchet :

1. **Dimensionnement** d'une unité de traitement de déchets en fonction du gisement (nature et quantité). Ce dimensionnement doit tenir compte du coût du transport du déchet rendu sur le site de traitement, fonction de la nature de l'habitat et de la densité de population. [10]

2. **Aspects économiques** qui dépendent de la technologie mise en œuvre et de la capacité de l'unité. Ces aspects doivent faire intervenir, outre les coûts d'investissement et d'amortissement, les frais fixes, coûts de maintenance et coût de fonctionnement. IL y a lieu d'intégrer les perspectives d'accroissement de coût de traitement afin de respecter à moyen terme les normes d'émissions en préparation, ainsi que les compensations liées à la valorisation de l'énergie produite et la récupération de matières recyclables. [10]

3. ***Incidences sur l'environnement*** qui concernent aussi bien les émissions des effluents liquides et gazeux que la nécessité de mettre en décharge les déchets ultimes.

La combustion régulière des produits de thermolyse permet de réduire très sensiblement le volume de fumées par rapport à l'incinération (environ 30%). La qualité des matériaux récupérés après thermolyse est telle que leur valeur marchande est très élevée ( on peut par exemple récupérer des mitrilles d'aluminium de qualité ). On peut, des lors, les recycler dans le circuit des matières premières secondaires. [9,10] On doit signaler que cette valorisation de déchet peut prendre plusieurs formes : matière, énergétique et organique.

#### **II-5-1/ Valorisation de matière**

La valorisation des déchets est communément appelée recyclage. Elle consiste à réintroduire de façon directe un déchet dans un cycle de production dont il en est issu en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge. Les déchets ménagers recyclables sont donc récupérés, triés matériau par matériau puis renvoyés vers leurs filières de production d'origine ou destinés à des applications générant des produits spécifiques (mâchefers, ferrailles et aluminium) [11]. A titre d'exemple, on cite les déchets ménagers solides qui peuvent être recyclés :

- Papiers et cartons
- Plastiques
- textiles
- verre
- métaux ferreux et métaux non ferreux
- Emballages ménagers.

**a) papiers et cartons :** Les fibres de papiers recyclés peuvent ensuite être employées dans n'importe quel secteur de l'industrie papetière : emballages et conditionnement, sanitaires et domestique, journal et impression – écriture. La consommation des F C R (fibres cellulosiques de récupération) en France est en augmentation constante depuis plusieurs années. De 1971 à 1998, le taux d'utilisation de vieux papiers (consommation production de papiers et cartons neufs) est passé de 36% à 53,8%. [12]

**b) plastiques :** A côté de l'intérêt de la valorisation des matières plastiques vient s'imposer la valorisation chimique par dépolymérisation (*procédé thermique, dissolution chimique*). Cette dernière consiste à un recyclage chimique qui se fait par une décomposition des macromolécules constitutives des polymères sous l'effet de la chaleur (dépolymérisation) en matières premières réutilisables, afin d'obtenir soit le monomère de départ, soit un produit pétrochimique de base.

*c) textiles* : Après collecte, un tri permet de valoriser les textiles en quatre directions:

- 40 % sont réemployés comme vêtements d'occasion.
- 30 % sont destinés à l'essuyage industriel : des chiffons sont fabriqués à partir de vêtements ou de linge de maison en fin de vie.
- 10 % sont destinés à l'effilochage : le textile effiloché, par couleurs, permet de fabriquer de nouvelles fibres.
- une petite partie est destinée à l'industrie papetière. [11, 12]

En sus à ces différentes formes de déchets, il y a lieu de mentionner que les verres, sous diverses utilisations (verre plat, verre technique et verre creux), les métaux sont entièrement recyclables pour être réintroduits dans les cycles de fabrication dont la conséquence immédiate est la préservation des ressources naturelles de matières premières. [7,12]

#### **II-5-1-1/ Avantages et inconvénients du recyclage**

*a) coût de main d'œuvre* : Le recyclage des déchets, en fonction du mode de recyclage, exige une main d'œuvre abondante en matière de tri sélectif afin d'affiner et d'éliminer les impuretés qui pourraient compromettre le recyclage (c'est le cas du plastique et du verre). La plupart des coûts demeurent à la charge de la collectivité. Les impôts locaux en tiennent compte, mais d'autres sources de financement existent : l'éco-taxe, et une taxe sur les emballages. [19]

*b) bilan énergétique* : Pour la plupart des matériaux réutilisables en tant que matière première, on économise par le recyclage la majeure partie des coûts initiaux liés à l'extraction et à l'affinage (métaux, verre). Par exemple, le recyclage de l'aluminium, permet d'économiser près de 90 % de l'énergie qui aurait été nécessaire pour produire une masse équivalente à partir de minerai. [20]

*c) conséquences sur les produits issus du recyclage*: Pour certains types de produits, la qualité de la matière première est altérée par l'opération de récupération de celle-ci dans les produits recyclés. Par exemple, le recyclage de certaines matières plastique contaminées par les polluants ne permet plus de les utiliser pour en faire des emballages alimentaires. [20]

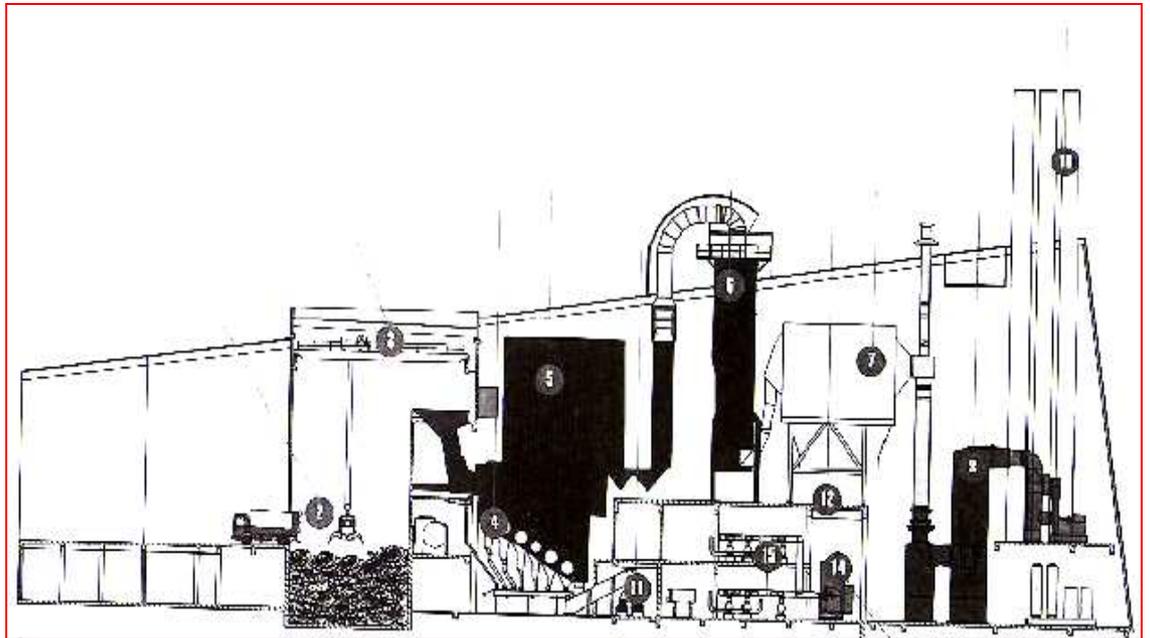
#### **II-5-2/ Valorisation énergétique**

Elle peut prendre la forme d'une incinération avec récupération d'énergie ou d'une thermolyse.

### II-4-2-1/ l'incinération

C'est un mode d'élimination des déchets ménagers, en les brûlant à haute température. L'objectif est une réduction conjointe de la masse du volume et de l'activité des ordures ménagères par l'obtention d'un résidu inerte (le mâchefer) tout en générant un minimum de pollution. Souvent, les déchets éliminés par voie d'incinération sont les déchets urbains solides à forte proportion d'emballages en papier – carton et plastiques qui ont des qualités combustibles appréciables et peuvent brûler sans apport extérieur d'énergie. [21]

Techniquement, on distingue entre incinération sans récupération d'énergie et incinération avec récupération d'énergie. La connaissance des deux paramètres que sont l'humidité et le PCI est, on le comprend, essentielle pour le choix du mode de traitement : incinération ou compostage. L'incinération n'est pas recommandable lorsque le PCI est inférieur à 1.500 th ( $1\text{th} = 4,1855 \cdot 10^3 \text{J}$ ). [16] L'énergie dégagée par la combustion des déchets est récupérée sous forme d'énergie thermique (vapeur d'eau) dont on se sert pour le chauffage urbain et la production d'électricité. Dans tous les cas, le four de combustion est suivi d'une chaudière où les calories récupérées sur la combustion servent à vaporiser de l'eau comme le montre la figure II-2 :



**Figure II-2 :** Schéma d'une installation d'incinération de la communauté des communes de l'agglomération de Grenoble. [31]

Légende : -1) Pont bascule (hors image) -2) Fosse à ordures -3) Pont roulant  
 -4) Four à rouleau -5) Chaudière -6) Réacteur -7) Electrofiltre  
 -8) Laveurs -10) Cheminée -11) Evacuation des mâchefer

Après collecte sélective et recyclage, le PCI des déchets à brûler tend à augmenter. Il dépasse aujourd'hui 2400 kWh/tonne dans certaines villes, et il est même plus élevé encore dans des installations qui acceptent une part de déchets industriels banals. [22,23] Le cas optimal est celui d'une usine de traitement thermique proche d'un quartier d'habitat dense ou d'industries consommatrice de vapeur toute l'année.

*a) Importance de l'incinération dans le traitement des ordures ménagère :*

En 1995, 40 % des ordures ménagères ont été incinérés, contre 48 % mise en décharges. Il s'agit donc du second mode de traitement des ordures ménagères (O.M), après la mise en décharge. Quelle que soit l'évolution du mode de traitement, l'incinération conservera une place majeure dans les procédés de traitement. Cette méthode de traitement présente des avantages et des inconvénients qui sont résumés dans le tableau II-8 suivant:

**Tableau II-8 : Avantages et inconvénients de l'incinération. [23]**

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Réduction des volumes de 90 %.	Cendres, résidus polluants.
Rapidité de traitement.	Problème des seuils de rentabilité pour petites unités.
Pas de prétraitement.	Production d'énergie électrique peu élevée dans la plupart des cas.
Adaptation aux gros gisements.	Investissements élevés
Ne produit pas de méthane.	Coût de fonctionnement en forte hausse.
Possibilité de récupérer et valoriser l'énergie (économie d'énergie possible).	Empêche toute inflexion de la politique des déchets.
Possibilité de récupérer les métaux.	Oppositions sociales croissantes.
Garantie de long terme.	

*b) état de parc d'incinération :*

L'incinération est le deuxième mode de traitement après la mise en décharge en France. Elle est derrière la suède (45 %), le Danemark (56 %), la Suisse (60%), et surtout le Japon où l'incinération (faute de place pour les décharges) est le mode ultra dominant du traitement des déchets (75% des déchets sont incinérés, dans près de 800 unités). [24]

*c) contribution de l'incinération des déchets aux émissions globales (valeurs limites d'émission) :* L'incinération des déchets municipaux solides (D.M.S) est à la base de la production de gaz polluants et de quantités considérables de résidus (cendres, récupération de chaleur des cendres etc....). Cependant, la partie contaminante dans les D.M.S est concentrée dans les résidus solides. En effet, les éléments polluants tels que,

As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, et Zn ont été signalés[81,83], alors que leur impact potentiel négatif sur la qualité de l'environnement, la santé humaine, les eaux souterraines et les eaux superficielles est, sans conteste, indiscutable. [80,83] Les valeurs limites d'émission couvrent la poussière, le carbone organique total, l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide fluorhydrique (HF), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Pour les métaux lourds, il a été mentionné la variation de la composition de la cendre en métaux hautement volatils (Cd, Pb, Hg et As) contribuent à l'enrichissement des cendres volantes. Cependant, le Ni, métal moins volatil, se trouve particulièrement concentré dans les cendres du fond de l'incinérateur. Or, le Zn, Cu et Cr ayant, une volatilité modérée se retrouvent distribués moyennement entre les cendres volantes ; cendres du fond et les grilles du tamis, pour ainsi conclure qu'il n'y a pas d'enrichissement préférentiel d'une région donnée. [25] Pour les dioxines et les furannes, un plafond pour la somme des concentrations est limité à 0,1 mg/m<sup>3</sup>. [25]

En 1998, les experts de l'organisation mondiale de la santé (OMS) ont revu les normes à la baisse. La norme admissible des dioxines est passée de 10 à 4 pico grammes/kg. Les quantités de dioxine rejetée dans l'air sont en baisse constante (1 Kg par an en France en 1996, 0,4 Kg aujourd'hui) grâce à la récupération des poussières sur les cheminées des incinérateurs. [26] Le tableau II-9 ci-dessous donne les valeurs limites d'émission en mg/nm<sup>3</sup> en fonction de la capacité nominale de l'installation d'incinération. [27]

**Tableau II-9 :** Les valeurs limites d'émission en mg/nm<sup>3</sup> d'une installation d'incinération. [27]

Polluants	Inférieur à 1 tonne/h	De 1 tonne/h à plus de 3 tonnes/h	3t/h et plus
Poussières totales	200	100	30
HCl	250	100	50
HF		4	2
SO <sub>2</sub>		300	300
CO	100	100	100
Composés organiques (C total)	20	20	20
Métaux lourds		5	5
Pb+Cr+Cu+Mn		1	1
Ni+As		0,2	0,2
Cd et Hg			

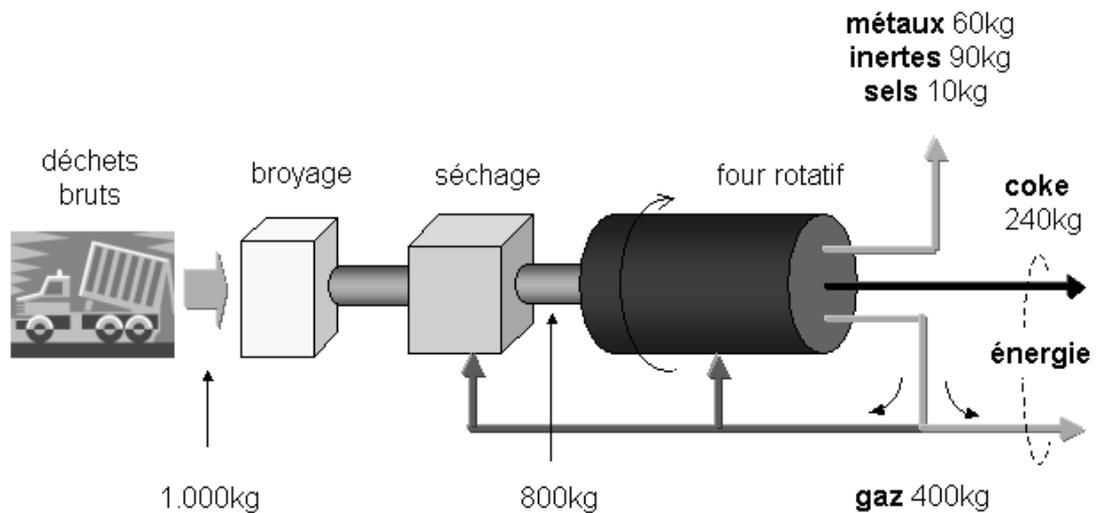
Le coût de l'incinération en investissement et en fonctionnement est très variable selon la taille et la capacité. En revanche, la répartition des coûts entre les différents postes est à peu près constante. Ces deux éléments sont donnés dans le tableau II-10 ci-après. [28]

**Tableau II-10 : Coût d'incinération. [28]**

Capacité	20.000 tonnes/an	40.000 tonnes/an	120.000 tonnes/an
Nombre d'habitants	70.000	150.000	300.000
Coût du traitement (F)	750/900	500/700	450/500

### II-5-2-2/ La thermolyse

La thermolyse consiste en un traitement thermique modérée (450 à 750°C) en absence d'air au cours duquel les matières organiques sont décomposées en une phase solides (semi-coke à 60 – 65 % de cendres) et en une phase gazeuse. Cette phase gazeuse contient une fraction de non condensables (hydrogène, méthane, oxydes de carbone, hydrocarbures, etc.) et une fraction de condensables constituée essentiellement d'eau et d'huiles plus au moins lourdes. Toutes les conditions sont réunies pour détruire les organochlorés et les dioxines éventuellement présentes dans les déchets, typiquement entre 10 et 250 mg/Kg (d'après la figure II-3). [29,30]



**Figure II-3 : Procédé de la pyrolyse. [30]**

Le gaz de thermolyse est caractérisé par un PCI de l'ordre de 13 MJ/Kg, soit environ 5.000 MJ par tonne de déchets entrants. Le solide de thermolyse contient 60 à 65 % de cendres, le solide étant de la matière minérale. Après lavage et déchloration éventuels, puis criblage, tamisage et séparation physique des verres et métaux, on obtient un "combustible

solide de thermolyse" (CST). Ce CST s'apparente à un charbon de qualité médiocre. [28, 31, 32] A titre instructif, on présente le bilan de matière caractéristique de la thermolyse d'un déchet ménager à travers le tableau II-11. [31]

**Tableau II-11 : Bilan de thermolyse d'une tonne de déchets ménagers. [31]**

Dé ferrailage/inertes	100 kg
Séchage	200 kg
Solide carboné	310 kg
Métaux et minéraux	60 kg
Chlore	10 kg
Combustible solide	240 kg
Gaz de thermolyse	390 kg

Les procédés de thermolyse sont particulièrement souples et permettent d'assurer une récupération d'énergie tout en assurant d'excellents rendements de recyclage et un minimum de résidus ultimes à mettre en décharge.[33] La thermolyse apparaît comme complémentaire à l'incinération pour les faibles capacités (moins de 50.000t/an). En effet, la thermolyse peut se substituer progressivement à l'enfouissement technique. La thermolyse est capable d'absorber aussi bien les déchets à faible qu'à fort pouvoir calorifique.

### **II-5-3/ La valorisation organique**

Cette technique de valorisation peut prendre deux formes, à savoir :

- Le compostage ;
- La méthanisation.

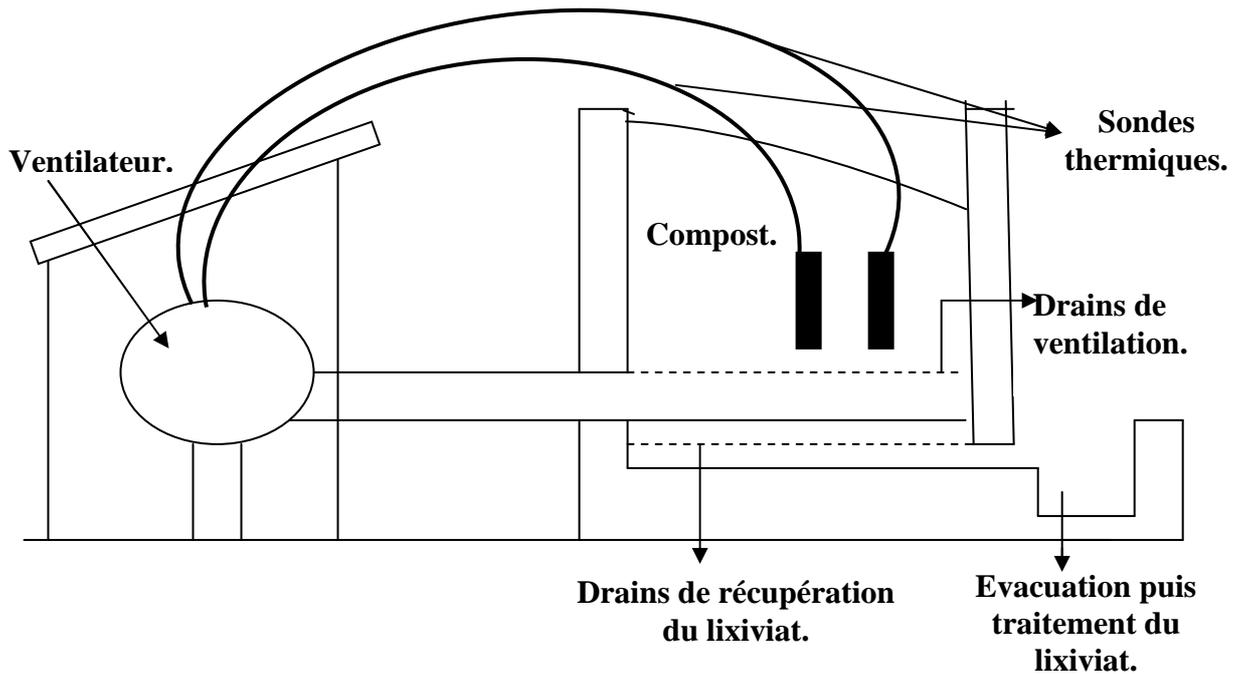
#### **II-5-3-1/ le compostage**

C'est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des substrats organiques, sous-produits de la biomasse et déchets organiques d'origine biologique en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humide (Mustin 1987). [35]

Les matières organiques compostables sont :

- les fermentescibles des ordures ménagères et déchets verts ;
- les déchets de stations d'épuration urbaines ;
- papier carton des ordures ménagères.

Le compostage nécessite une microflore constituée essentiellement de bactéries, champignons, actinomycètes, protozoaires et algues dont l'activité est influencée par les



**Figure II-4 :** Schéma d'une installation de compostage. [35]

facteurs du milieu qui sont particulièrement :

- la nature de la matière organique à composter et son rapport C/N, au départ 30-40, en final 10-20. [33]
- La teneur en oxygène, car les micro-organismes étant surtout aérobies ;
- L'humidité ; l'optimum pour le compost urbain étant de 50 – 60 %
- La température moyenne pouvant atteindre 65°C, parfois plus et ce compte tenu de l'aspect mésophile et thermophile de la microflore ;
- Le pH optimal étant la neutralité. Son évolution au cours du compostage exige une correction par ajout de la chaux ;

Les produits du compostage présentent un intérêt organique comme valeur fertilisante, amendement organique des sols en viticulture, arboriculture, floriculture, sylviculture et en espaces verts. Le compost allemand, produit en plus faible quantité, est plus facilement commercialisable car obtenu à partir de fermentescibles soigneusement triés, débarrassés de piquants, d'inertes, de plastiques et de métaux lourds. [34] Les opérations de compostage suivent généralement la séquence suivante :

- |   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
| -1) Tri                                   | -2) Broyage   | -3) Préparation de la charge. |
| -4) Fermentation aérobie en tas (andains) | -5) Contrôle de l'humidité, de la température et de l'aération. | -6) Maturation [36]           |

La teneur en eau initiale optimale varie suivant les matériaux à composter suivant les données figurant sur le tableau II-12 :

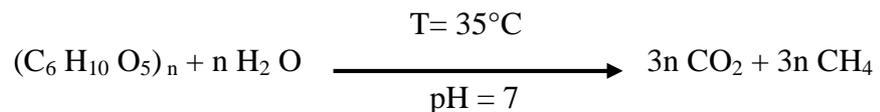
**Tableau II-12 :** La teneur en eau des matériaux à composter. [35]

Type de déchet	Teneur en eau recommandée (% massique)
Théorique	100
Paille	75-85
Bois (sciure, copeaux)	75-90
Déchets municipaux	55-65
Fumier	55-65
Boues de station d'épuration biologique	55-60
Déchets humides (tontes de pelouses)	50-55

Le compostage est loin de constituer une solution miracle pour le traitement de déchets, sur le plan économique, il doit faire ses preuves. Par exemple, en 1996, selon l'étude SOFRES/AMF/ADEME, le coût de compostage varie beaucoup en fonction des capacités, entre 200 F/tonne pour une capacité de 15.000 tonnes/an et 550 F/tonne pour une capacité de 6.000 tonnes/an. [37]

### II-5-3-2/ La méthanisation

La méthanisation est un procédé de dégradation de la matière organique par une flore microbologique en l'absence d'oxygène tout en produisant un gaz à haute teneur en méthane par la décomposition biologique des matières organiques par fermentation aérobique selon la réaction chimique :



Elle s'applique à la plupart des déchets organiques, alors qu'elle peut être compétitive par rapport au compostage, pour des tonnages supérieurs à 20.000 tonnes/an. [36] La méthanisation est une filière de stabilisation avant stockage au centre de stockage de déchets ultimes, qui limite l'émission de gaz et de lixiviats. En toute rigueur, le traitement biologique apparaît comme étant une composante quasi incontournable du traitement des déchets ménagers et assimilés. Par rapport aux autres modes de traitement (incinération, stockage), la méthanisation présente de nombreux avantages :

- un recours moindre au stockage et à l'incinération ;
- la production d'un amendement organique de qualité lorsque le tri est correctement effectué à la source ;

- une implication renforcée des citoyens.

Les facteurs principaux de variation des coût d'investissement sont la taille de l'unité et la gestion des refus (enfouissement ou incinération) et du digestat de déchets résiduels (enfouissement, valorisation non agronomique). Le surcoût de la collecte séparative reste faible. L'économie du projet dépend fortement de la qualité du digestat produit et de la gestion des refus. [34]

## II-6/ Mise en décharge

Depuis le début des années 80, la mise en décharge des déchets solides est devenue un domaine particulièrement sensible. L'objectif de l'enfouissement d'un déchet est l'élimination des matériaux et produits qui ont une courte durée de vie de sorte qu'ils puissent retourner au cycle écologique après avoir subi des réactions chimique ou physique avec des transformations. [19] Le stockage de toutes sortes de déchets a pour conséquence immédiate la pollution du milieu naturel, allant de la perte de vies humaines dues à la pollution par le mercure le long de la baie de Minamata au Japon vers la fin des années 60, à la pollution des sols par des lixiviats de décharges municipales ayant pour conséquence la contamination de toutes vies à proximité de ces sites. [9] La mise en décharge est le procédé le plus largement utilisé pour les ordures ménagères et même pour certains déchets industriels. Il existe selon R.Gillet, en général trois types de décharges : [42]

### *a) la décharge sauvage*

Elle se crée sans règles et « à la sauvette » par certains habitants. Les conséquences de ces décharges sont la formation des montagnes d'ordures fumantes et malodorantes désastreuses pour l'environnement, génératrices des risques d'incendies et de prolifération des agents pathogènes.

### *b) la décharge brute*

C'est une accumulation de déchets sur un site quelconque sans précautions particulières. Ce type de décharge est beaucoup plus praticable.

### *c) la décharge contrôlée*

Cette décharge diffère des deux décharges précédentes par le fait que :

- elle est construite sur un site approprié avec une autorisation de l'administration et une étude approfondie de son impact environnemental.
- la nature des déchets admissibles.

- les procédures d'admission des déchets.

Sous réserve de détails, on distingue trois classes de décharges :

- Classe I qui est réservée aux déchets dits "spéciaux ou toxiques".
- Classe II qui est réservée aux déchets ménagers et assimilés, dite aussi "centre d'enfouissement technique " (CET), appellation moins négative que "décharge".
- Classe III qui réservée aux déchets inertes (gravats.....).

### **II-7/ Aménagement d'un CET**

Un centre de stockage est un ensemble composé de casier, indépendant sur le plan hydraulique, eux-mêmes composés d'alvéoles (figure II-7) dans lesquelles sont entreposés les déchets. Les casiers sont entourés de digues étanches. L'étanchéité est assuré par super- position d'une barrière de sécurité passive constituée par une couche d'argile (elle doit présenter de haut en bas, une perméabilité à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins un mètre et inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres) et d'une barrière de sécurité active constituée par une géo membrane surmontée d'une couche de drainage (la géomembrane correspond à la mise en place d'un matériau mince et souple, fabriqué généralement en polyéthylène haute densité (PEHD) ou en polyéthylène basse densité (PEBD), qui assure l'étanchéité des casiers. Les lixiviats sont récupérés, traités par lagunage puis envoyés en station d'épuration. L'ensemble est entouré d'une digue périphérique constituée de matériaux inertes de préférence étanches. Les digues doivent être ancrées de 0,80 à 1m dans le sol. La hauteur des digues, la distance des casiers par rapport à la limite de l'exploitation, les contrôles sont réglementés. La durée d'exploitation est en général de vingt ans et la surveillance du site est obligatoire pendant 30 ans. [41]

#### **II-7-1/ Architecture d'un CET**

Les facteurs caractéristiques de conception d'un centre d'enfouissement sont:

- Géologique ;
- Hydrologique ;
- Géotechnique.
- Géographique pour tenir compte de l'impact potentiel des émissions sur le milieu

environnant. La hauteur (profondeur) du site est déterminée, dans certains cas, par l'aspect législatif de la réglementation, considérations économiques ou les limites imposées par les propriétés physiques du site. [19]

- *Notion de casier*

Le casier est une enveloppe dans laquelle on stocke les déchets. Elle est réalisée d'une façon à restreindre les risques de nuisance de pollution des eaux souterraines et de surface. Elle est généralement conçue sur la base du modèle présenté sur la figure II-5.

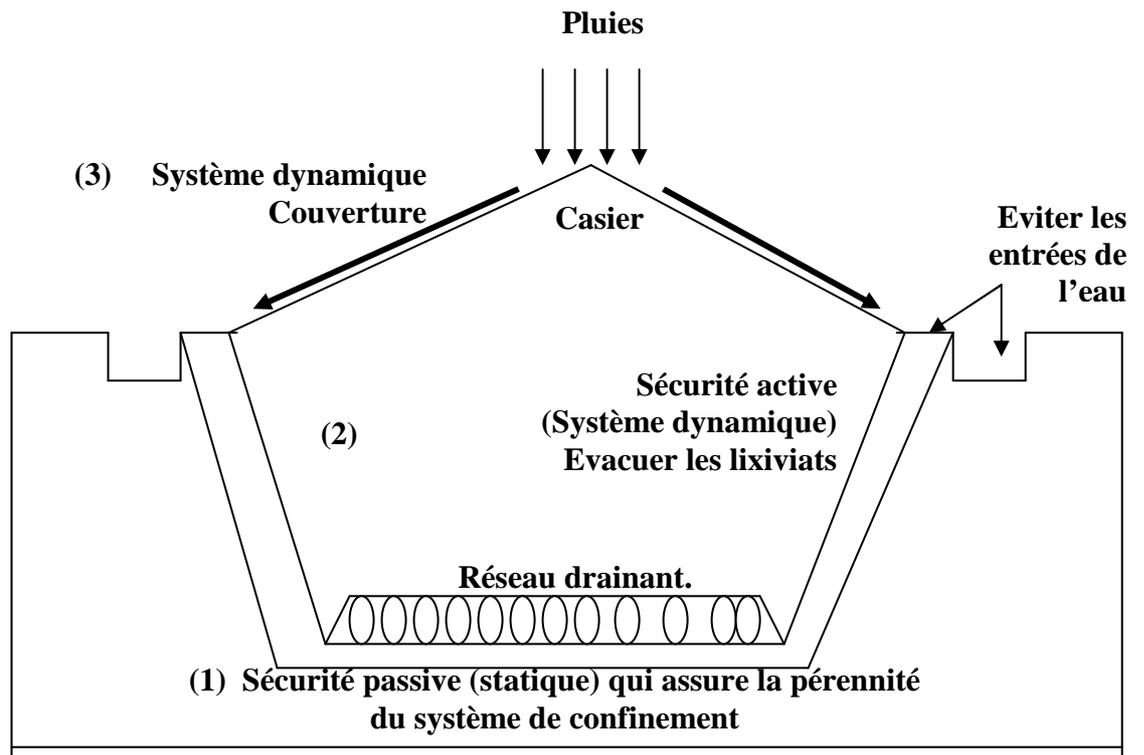


Figure II-5: Schéma descriptif de la structure du casier. [43]

La zone à exploiter est divisée en casier de forme parallélépipédique. Ces casiers

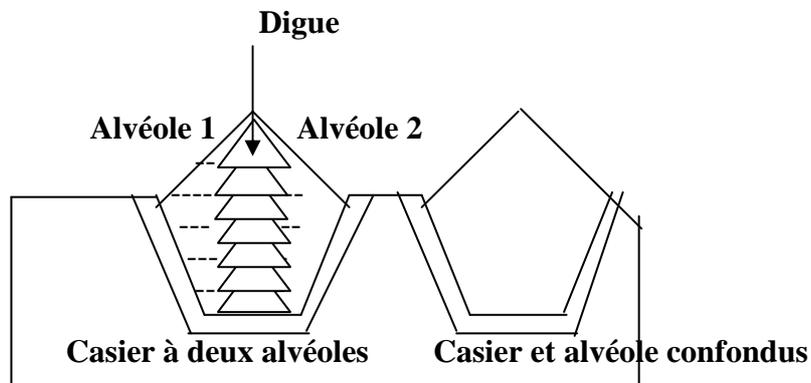


Figure II-6: Disposition des casiers et alvéoles.

sont éventuellement subdivisés en alvéoles afin d'offrir une certaine souplesse dans l'exploitation du site comme le montre la figure II-6 :

- **Notion de barrière passive**

C'est une barrière de sécurité étanche qui peut se faire selon trois options :

a) Sols naturels en place ;

b) Sols naturels recompressés ;

c) Géo synthétique : Tous les géo synthétiques peuvent être utilisés au sein des centres de stockage des déchets pour des raisons diverses, à savoir, leur étanchéité (géo membrane) leur capacité de drainage (géo drain) et leur pouvoir filtrant (géotextiles). La géo membrane (GM) est une membrane synthétique de 1 à 2 mm conçue pour retenir les lixiviats. Ils sont élastomères ou plastomères ; les plus répandues sont PEHD et PEBD, les membranes en PVC (chlorure de polyvinyle).

Le diagramme de classification simplifiée des matériaux utilisés pour l'étanchement en fonction des gammes de perméabilité est présenté par la figure II-7. Les matériaux étanches sont classés en trois catégories :

1)  $k < 1.10^{-11}$  m/s  $\longrightarrow$  imperméable

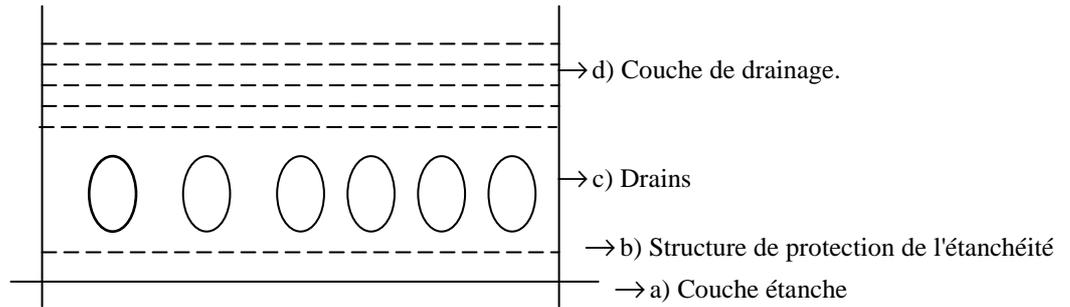
2)  $11.10^{-11}$  m/s  $< k < 110^{-9}$  m/s  $\longrightarrow$  très faible perméabilité.

3)  $1.10^{-9}$  m/s  $< k < 1.10^{-6}$  m/s  $\longrightarrow$  faible perméabilité.

K	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$
	Imperméable		Très faible perméabilité		Faible perméabilité		
	GM		GBS Argiles Limos				
	Roches		Sols traités		Sables argileux		

**Figure II-7** : Diagramme de perméabilité des matériaux et sols comme barrière d'étanchéité (géomembrane (GM), géo synthétique bentonitique (GSB)). [45]

- **Notion de barrière active** Elle assure l'indépendance hydraulique du casier, le drainage et la collecte des lixiviats. Elle évite la sollicitation de la barrière de sécurité passive. Sa structure, du bas vers le haut, est présentée sur la figure II-8



**Figure II-8** : Différents composants du dispositif d'étanchéité de la barrière active.

a) *Couche étanche*: Elle est constituée d'une géo membrane, l'association d'un massif drainant et une géo membrane permet de créer un gradient de perméabilité pour évacuer les lixiviats.

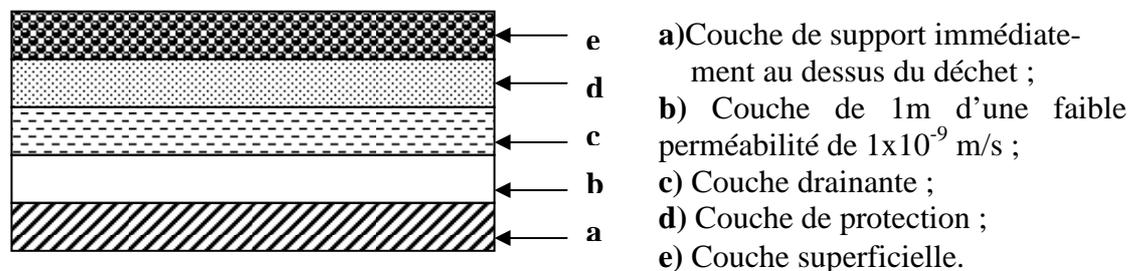
b) *Couche de protection de la géo membrane*: constituée d'un géotextile assurant la protection de la de la couche d'étanchéité.

c) *Drains*: Ils permettent l'évacuation des lixiviats. Fondamentalement, ils sont constitués d'un tube perforé en PVC ou en PEHD, protégé par un géotextile filtrant afin de prévenir du colmatage de ces drains.

d) *Couche de drainage*: Elle est constituée par un matériau d'une nature siliceuse d'une épaisseur entre 10 à 100cm et d'une perméabilité supérieure à  $1.10^{-4}$  m/s permettant la collecte des lixiviats.

- **Notion de couverture**

Dés la fin du comblement d'un casier, une couverture finale est mise en place pour limiter les infiltrations des eaux vers l'intérieur de l'installation de stockage. Cette couverture a une pente d'au moins 5%, favorisant l'évacuation de toutes les eaux vers le



**Figure II-9** : Différentes couches constitutives de la couverture.

fossé latéral de la collecte. La couverture se compose de cinq couches élémentaires (figure II-9).

a) *Couche support*: Cette couche est compactée afin d'assurer une assiette stable à la couche faiblement perméable, d'une épaisseur inférieure à 30cm.

b) *Couche de faible perméabilité* : Elle permet de limiter ou d'éviter les infiltrations des eaux dans les déchets. C'est une couche d'argile de 1 m dont sa perméabilité est de  $1 \times 10^{-9}$  m/s.

c) *Couche drainante*: Cette couche joue un rôle très important dans la qualité de la couverture. Elle réduit le gradient hydraulique sur la couche de faible perméabilité. Elle est constituée soit d'une couche granulaire de forte granulométrie de 30cm d'épaisseur, ou un géostratégique drainant.

d) *Couche de protection*: Sa fonction est de protéger la couche de faible perméabilité contre les intrusions animales et végétales et contre les cycles climatiques (gel- dégel- humidification- sécheresse).

e) *Couche superficielle*: Sa fonction est de permettre la réintégration du site dans son environnement naturel. Elle est constituée principalement des sols organiques ; son épaisseur doit être au minimum de 50 cm pour favoriser un couvert végétal correct

- **Formation du biogaz et des lixiviats**

Les deux phénomènes principaux ayant lieu au sein d'une décharge de déchets ménagers sont :

- La fermentation anaérobie des déchets ;
- La percolation des eaux de pluie.

De ces deux phénomènes sont issus:

- 1) Les biogaz
- 2) Les lixiviats

- 1) Les lixiviats**

Ils sont acheminés vers les bassins de stockage à travers des collecteurs. Les collecteurs, situés à l'intérieur du casier, sont raccordés aux drains à l'aide de regard placé dans un point bas du casier (figure II-10). [44]

## Collecteur passant sous la digue

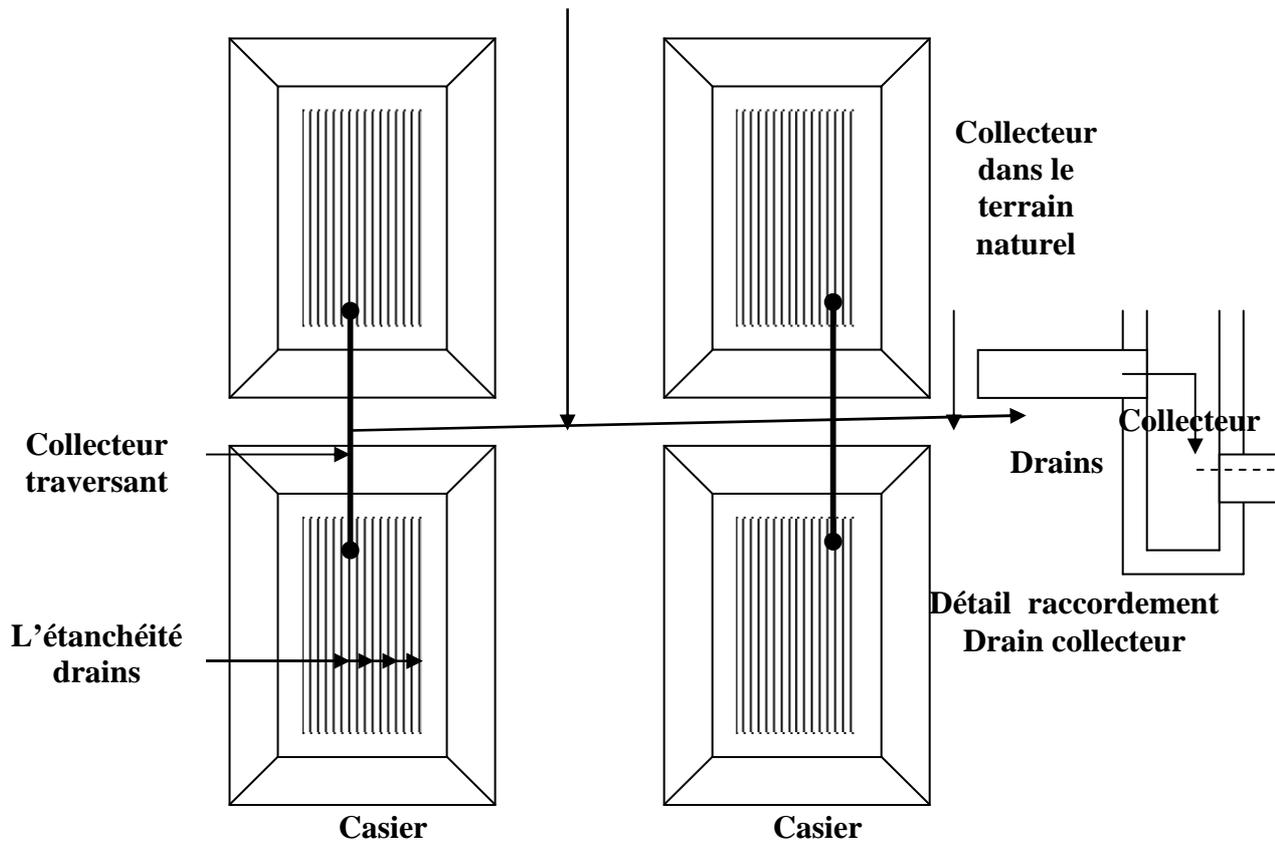


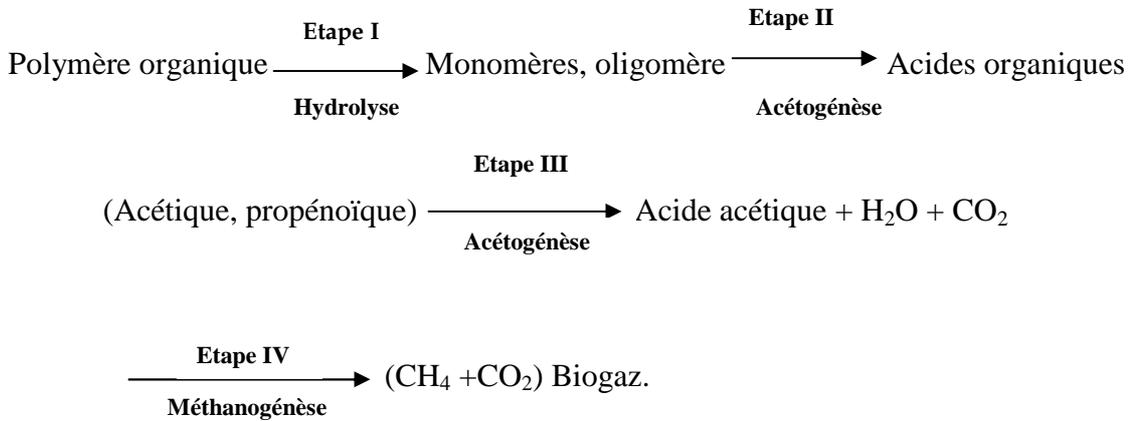
Figure II-10: Dispositif de collecte de lixiviat [44].

A titre d'exemple, la quantité théorique de lixiviat produit à partir de sites d'enfouissement, à Istanbul est de 2 m<sup>3</sup>/habitant et par jour durant les 5 premières années après son recouvrement, alors qu'elle s'élève à 5m<sup>3</sup>/habitant et par jour pendant les années suivantes. [84] Cette menace de pollution constante doit être prise en considération car l'enfouissement est une voie pour la réduction au minimum d'impact de DMS sur l'environnement tout en optimisant la dégradation progressive du déchet [46].

## 2) Le biogaz

La méthanisation conduit à la formation d'un gaz riche en méthane (CH<sub>4</sub>) et en gaz carbonique et à la production de jus (ou lixiviat) riches en produits intermédiaires

de fermentation (acides organiques, monomères et oligomères, matière azotée dont ammoniacale) conformément au schéma du processus de méthanisation suivant :



**Etape I:** Dégradation aérobie. Cette étape s'effectue à l'extérieur des cellules microbiennes, qui est souvent l'étape cinétiquement limitante (1 à 2 kg par m<sup>3</sup> de réacteur et par jour pour la matière sèche facilement fermentescible).

**Etape II:** Fermentation acide. Les acides gras volatils (AGV) et les différents alcools peuvent atteindre des concentrations élevées. Cette étape conduit à la formation de CO<sub>2</sub> et de H<sub>2</sub>. Ainsi, elle peut être rapide (de 30 à 40 fois supérieure à la précédente) et conduit à l'acidification du milieu.

**Etape III:** Formation de méthane. Les bactéries concernées sont mal connues et ont des temps de réaction longs (6 à 8 jours à 30°C). Cette phase de dégradation est la plus longue.

**Etape IV:** Epuisement des substrats donnant le CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub> (biogaz). Ce dernier, à l'état sec contient en volume :

- 50 à 70% de CH<sub>4</sub>;
- 30 à 40% de CO<sub>2</sub>;
- 0.2 à 0.5% de H<sub>2</sub>;
- 0.2 à 3% de N<sub>2</sub>.

Et des traces d'autres gaz (S<sub>x</sub>O<sub>y</sub>; NH<sub>3</sub>; COV). [36] Le biogaz est essentiellement responsable des mauvaises odeurs. On voit, cependant aussi souvent apparaître des impacts sur la flore locale : asphyxie des végétaux sur décharge ou en bordure, sans parler des risques d'explosion ou d'incendie qui peuvent être importants.

## II-8/ Comparaison des différents procédés de traitement

Au niveau européen, les directives relatives à la gestion de déchets municipaux autorisent un enfouissement de 15% des ordures ménagères. Il y a lieu de signaler qu'un

changement institutionnel majeur laisse augurer d'autres procédés de traitement plus intéressants [85,86]. En effet, l'enfouissement de déchets combustibles a été proscrit en 2002, et trois ans plus tard, en 2005, les déchets organiques étaient inclus dans cette réglementation [87]. Cependant, le nombre d'incinérateurs mis en service connaît une explosion pour atteindre 22 unités. A cet effet, l'analyse de l'efficacité de récupération de l'énergie a été menée par Erikson et al. [48], tout en tenant compte de l'aspect économique et écologique d'un tel procédé de gestion de déchets [88,89]. La simulation du procédé d'incinération, basée sur l'estimation du cycle de vie (ECV), de déchets solides a permis de quantifier les quantités émises (gaz et cendres), la puissance et les coûts financiers de l'opération. Il a été conclu que l'enfouissement est souvent la méthode de traitement la moins favorable. Les émissions sont caractérisées en utilisant par la méthodologie de l'E.C.V pour analyser l'impact environnemental, à savoir :

- Potentiel de réchauffement de la planète (PRP)
- Potentiel d'acidification (PA)
- Potentiel d'eutrophisation (PE)
- Formation d'oxydants photochimiques
- NO<sub>x</sub>
- Métaux lourds

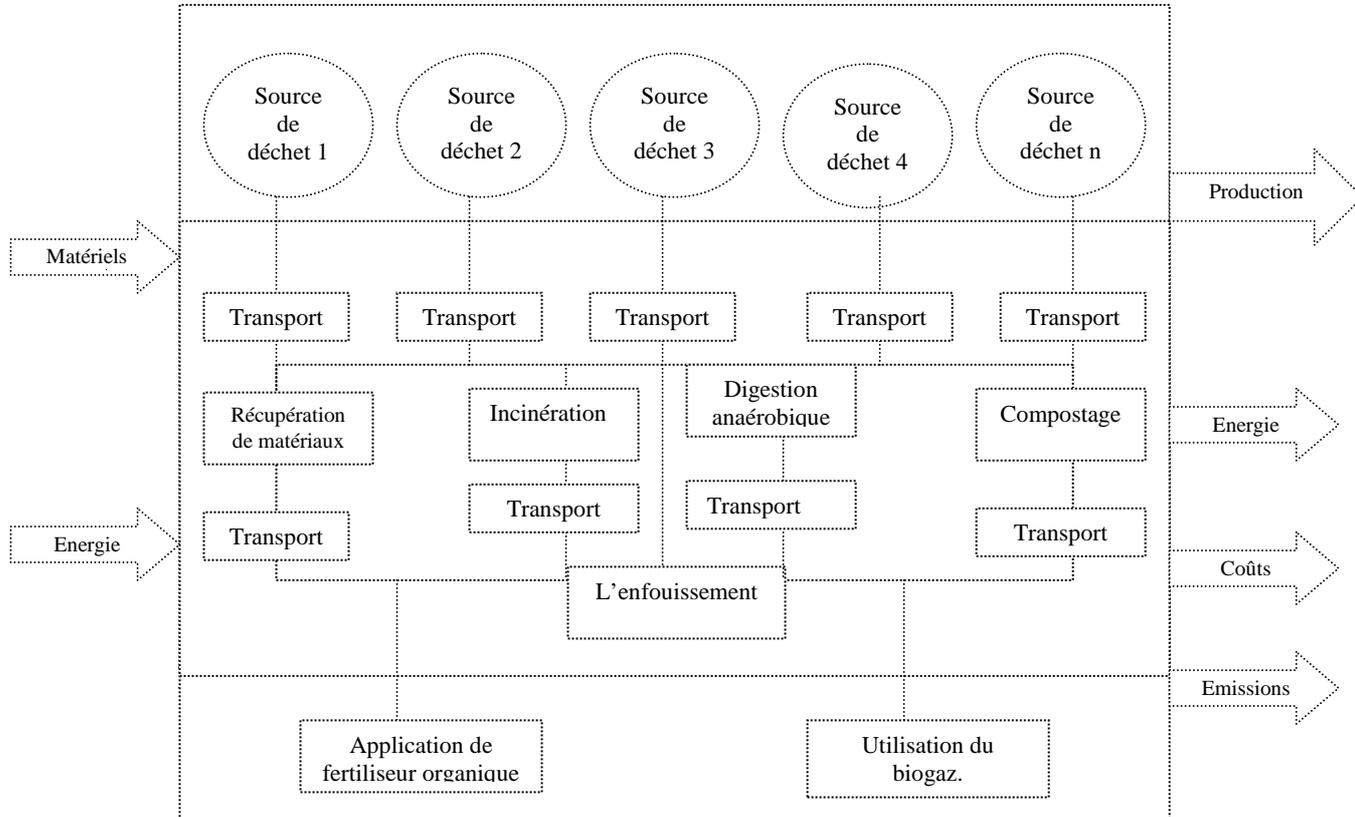
tous les 100 ans.

Probablement, Erikson et al. [48] ont développé un modèle conceptuel de l'écoulement de matière et d'énergie dans un système hypothétique de gestion de déchets (Figure II-11). Il a été envisagé quatre procédés de traitement de déchets :

- 1) Incinération avec récupération d'énergie (chauffage domestique).
- 2) Incinération avec traitement biologique (recyclage d'éléments nutritifs et récupération de l'énergie).
- 4) Enfouissement avec récupération de l'énergie.

Le gain énergétique a été exploité par les moyens de transport public [Bio Bus et Bio Car]. Cependant, l'incinération est le principal contributeur à l'émanation de

CO<sub>2</sub> lors de la combustion de différentes formes de plastique. En outre, l'enfouissement a un effet similaire en dégageant du méthane



**Figure II- 11 :** Modèle conceptuel du système de gestion de déchets. [48]

En conclusion, le procédé d'enfouissement est à éviter compte tenu de la possibilité d'autres procédés permettant de préserver l'environnement tout en exploitant rationnellement les sources d'énergie avec un impact économique fort important telles que la combinaison de la digestion anaérobie, recyclage de matériaux et incinération.

# Chapitre III

## Identification et caractérisation des déchets ménagers solides.

### III-1/ Introduction

La connaissance de la composition des ordures ménagères a une importance sans cesse croissante, notamment avec le développement des différents procédés de valorisation, en particulier par ceux dont la valorisation se fait par voie thermique. Parmi les facteurs qui influent sur la composition des ordures ménagères, on note:

- le caractère urbain ou industriel de l'agglomération;
- la consommation saisonnière des habitants ;
- le type d'habitat et le niveau de vie de la population.

Toutefois, l'utilisation des produits alimentaires conditionnés a entraîné un accroissement sensible des emballages de toutes natures (boîtes de conserve, verres, plastiques, papiers- cartons,...). Les jardins de maisons individuelles absorbent certains déchets. Cependant, il y a lieu d'observer, notamment en zone urbaine, une certaine standardisation dans les produits de consommation. [49]

### III-2/ Principales caractéristiques des ordures ménagères

Outre leur composition, les ordures ménagères sont caractérisées par, [50] :

- leur densité (ou masse volumique) ;
- leur taux d'humidité ;
- leur pouvoir calorifique ;
- leur rapport carbone /azote C/N.

#### *a) Masse volumique*

Elle met en évidence la relation entre la masse des ordures ménagères et le volume qu'elles occupent. Elle n'a pas de sens que si on définit les conditions dans lesquelles on la détermine. Théoriquement, on détermine physiquement une "densité en poubelle", une "densité en benne", une "densité en fosse" et une densité en décharge avec ou sans tassement" [50]. On mentionne que, dans le cas des villes algériennes, la densité en poubelles est comprise entre 0,22 et 0,30 et qu'elle passe aux environs de 0,35 lorsque les ordures sont entassées dans les véhicules traditionnels (bennes basculantes, tracteurs agricoles). Elle peut atteindre 0,55 dans les bennes tasseuses, pour retomber enfin à 0.28 après foisonnement en fosse. De tels résultats sont en parfaite adéquation avec le niveau de vie des quartiers où le standard de vie est plus élevé. [24]

***b) Teneur en eau ou degré d'humidité***

Les ordures ménagères renferment une quantité d'eau, hors équilibre, qui est contenue dans leurs composants. [24] IL en résulte que la teneur globale en eau varie largement aussi bien avec les saisons, le climat du pays qu'avec les conditions sociales des populations concernées. Le pourcentage d'eau dans les ordures est d'autant plus élevé qu'elles sont plus riches en matière organique dont l'humidité moyenne est aux alentours de 80%, et que la quantité considérable de déchets de fruits que l'on observe en certaines saisons les rend encore plus humides. [43, 46]

***c) Pouvoir calorifique***

Le pouvoir calorifique des ordures ménagères, qui représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids d'ordures brutes. Il s'exprime en Joule par kilogramme d'ordures. On distingue le pouvoir calorifique inférieur (P.C.I.) qui ne tient pas compte du changement de phase de la vapeur issue de la combustion. Cependant, si la vapeur se trouve à l'état condensé, on définit le pouvoir calorifique supérieur (PCS) comme étant la somme de la chaleur de combustion et de l'enthalpie de vaporisation de l'eau, rapportée à l'unité de masse, dans les conditions opératoires. En règle générale, plus la teneur en eau est élevée, plus le PCI est faible. Lorsque les ordures ménagères contiennent plus de 50% d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération. Tel est le cas des ordures ménagères algériennes. Le PCI tend à augmenter avec leur teneur en cellulose (papier, carton, emballages) et en matières plastiques ( $2,176 \cdot 10^7$  J/kg pour le papier,  $4,6 \cdot 10^7$  J/kg pour le polyéthylène). [49] Pour le choix du mode de traitement du déchet, la connaissance de l'humidité et du PCI est essentielle.

***d) Rapport carbone/azote***

Les ordures ménagères renferment plusieurs milliards de germes de micro-organismes thermophiles par gramme. Abandonnées à elles-mêmes, elles entrent rapidement en fermentation. Ainsi, la température s'élève pour se maintenir entre 60 et 70 °C, avec conséquence la destruction des germes pathogènes. Lors de la fermentation, il se produit deux phénomènes contraires d'une extrême complexité:

- 1- Minéralisation de la matière organique qui est décomposée en gaz carbonique et en ammoniacque avec production d'acide nitrique et de nitrates.

2- Formation par les micro-organismes de complexes colloïdaux composés de micro- molécules organiques qui constituent l'humus. L'analyse de cette évolution peut être suivie par la détermination du rapport de teneurs en carbone et en azote (C/N). Compte tenu de son importance, cette donnée est utilisée comme un critère de la qualité du traitement des ordures par voie de compostage. Dans un bon compost, le rapport C/N se situe entre 15 et 18. Il est très voisin de 10 dans un sol de culture.

### III-3/ Identification de la nature de déchets ménagers

En fonction de leur nature et de leur composition, les déchets ménagers se divisent en quatre catégories:

- 1- Déchets recyclables (carton et papiers, matières plastiques, verre, aluminium et acier) ;
- 2- Déchets dangereux (piles, médicaments périmés) ;
- 3- Déchets biodégradables (essentiellement des restes de nourriture) ;
- 4- Déchets septiques issus des centres de soins au niveau des hôpitaux, polycliniques.

Par ailleurs, la stratégie de gestion de déchets met en premier lieu l'importance du cycle de vie tout en évitant l'épuisement des ressources naturelles existantes d'une part, et

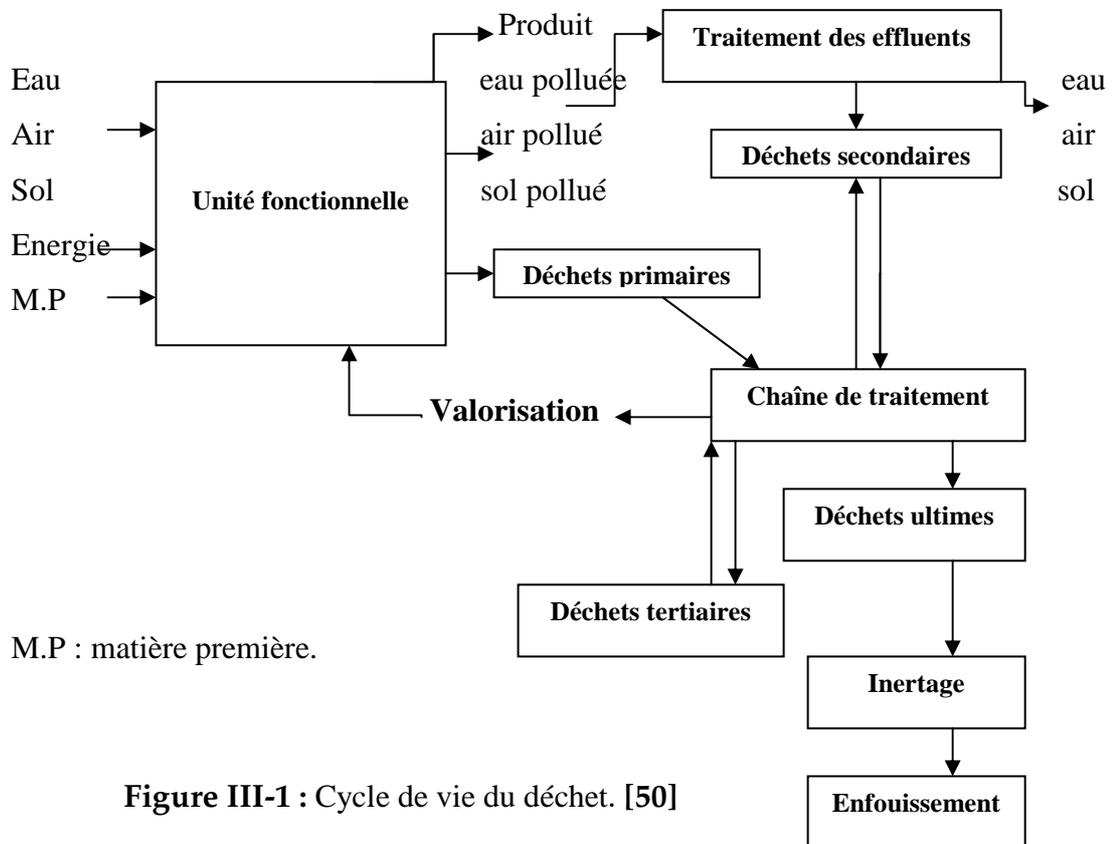


Figure III-1 : Cycle de vie du déchet. [50]

afin d'économiser l'énergie nécessaire au traitement de la matière première d'autre part. Dans ce contexte, on présente le cycle de vie d'un déchet standard à travers la figure III.1.

### III-3-1/ Recyclage de papiers - cartons

La consommation de papiers augmente avec le développement et la richesse d'un pays. Aux Etats-Unis d'Amérique, la consommation individuelle de papier est six fois supérieure à celle de la moyenne mondiale. Le papier a été réalisé à partir de fibres de cellulose issue de sous-produits de la forêt (petits bois d'éclaircies, copeaux, délignification de feuillus ou de résineux), transformés sous forme de pâte. Mais la quasi-totalité des produits à base de papiers sont recyclables. Ils peuvent être utilisés pour fabriquer des produits comparables. [17] Compte tenu de son importance sur le plan économique, le gisement de papiers est constitué de divers circuits, à savoir, industriel (sous-produits de la production et de la transformation), commercial et déchets ménagers (journaux, magazines, produits de bureaux, emballages ménagers...). On précise que 93 % des fibres récupérées sont issues du circuit industriel et commercial. [51] Il existe deux modes de recyclage : le pulpage et le compactage

-Le pulpage permet de récupérer les fibres de carton afin de fabriquer de nouveaux papiers.

-Le compactage permet de fabriquer des panneaux destinés à l'industrie du meuble et de la construction sans ajout de liant. Les matériaux sont déchiquetés, chauffés, compressés et refroidis.

### III-3-2/ Plastiques

Le plastique est un matériau totalement et incroyablement d'une exceptionnelle légèreté, malléabilité, imperméabilité, esthétique (coloration), résistance, rigidité, inflammabilités, excellent rapport propriétés/coût. Le plastique est partout pour constituer un matériau phare de la génération 2000 (ordinateurs, téléphones, portables...). Ils sont obtenus à partir des molécules chimiques de base (monomères) qui sont assemblées entre elles sous forme de chaînes, linéaires ou réticulaires, qu'on appelle les polymères. D'autres éléments interviennent dans la composition des polymères, pour donner des caractéristiques spécifiques (ajout de chlore, d'azote). [17]

Trois grandes familles peuvent être distinguées :

- Les thermoplastiques ;
- Les thermodurcissables ;
- Les élastomères (caoutchouc). [17]

**Tableau III-1 : Principaux thermoplastiques. [17]**

	<b>Propriétés.</b>	<b>Applications.</b>
PE ( polyéthylène).	Transparence, souplesse.	Films, sacs, bouteilles
PEHD( polyéthylène haute densité).	Opacité, rigidité.	Bidons, conteneurs, poubelles seaux, jouets, bouteille de lait.
PVC ( polychlorure de vinyle).	Transparence, rigidité.	Mobilier (banc, fenêtres...), barrières, jouets, sols.
PE + (polyéthylène téréphtalate).	Transparence, tenu à la pression interne.	Bouteilles, boissons gazeuses, pull, rembourrage.
PP (polypropylène).	Rigidité, résistance aux chocs	Boîtes, bacs, conteneurs, pare-chocs, tubes, bouteilles, pots de yaourt
PS (polystyrène).		tissus
PA (polyamide).		

A l'exception du polychlorure de vinyle (PVC) qui est composé de 57 % en poids en chlore et d'éthylène, le plastique ne contient que très peu de chlore. Le PVC est utilisé pour des applications souples (feuilles, films d'étanchéité, poche de sang...) L'incinération d'une tonne de PVC produit 425 kg de gaz combustibles pouvant fournir 0,170 équivalent pétrole (P.C.I. = 20 MJ/kg). [17] L'élimination du PVC par incinération pose de sérieux problèmes, car le chlore produit de l'acide chlorhydrique qui contribue à la formation de pluies acides qui ont un effet agressif notable sur la flore d'une part, et susceptible d'entraîner la formation de dioxine d'autre part. De forte concentration de dioxine apparaissent en cas de feu de PVC.

### **III-3-2-1/ Recyclage du plastique**

Compte tenu de ses origines diverses au niveau des décharges, il y a lieu de noter que le recyclage partiel ou total est la solution la plus rentable de point de vue économique et écologique. Afin d'éviter le caractère nocif des gaz issus de leur incinération, la matière plastique est régénérée à d'autres fins (gainés de câbles électriques, bidons, tuyaux pour arrosage, fibres textiles, etc.)

### **III-3-3/ Le verre**

Le verre est produit à partir de matière minérale vierge (silice) ou de calcin (verre broyé) de récupération. Il est l'un des matériaux indéfiniment recyclable sans perdre ses

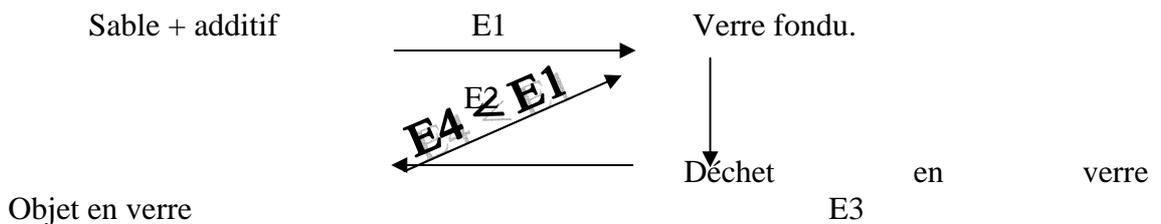
qualités intrinsèques. Son recyclage du verre permet d'économiser de l'énergie avec réduction des émissions atmosphériques produites par la combustion des matières premières. Après un tri préalable des déchets, les bouteilles sont transportées au centre de traitement pour être lavées et concassées. Le calcin obtenu est fondu dans les fours et moulé pour devenir de nouvelles bouteilles. [52] La collecte du verre ménager s'est considérablement développée : 1,5 millions de tonnes ont été récupérés en 1997, grâce à un parc de 70.000 conteneurs. Chaque citoyen français a déposé, en moyenne, 20 kg de verre. Les progressions ont été spectaculaires. [51,52] Le tableau III-2 récapitule l'évolution de la quantité de verre récupérée.

**Tableau III-2** : Evolution de la quantité de verre récupéré en France. [53]

	1985	1990	1995	1996
Parc de conteneurs à verre	25.000	40.000	68.000	70.000
Tonnage récupéré	600.000t	900.000t	1,3 Mt	1,5 Mt

### III-3-3-1/ Recyclage du verre

Le verre, quant à lui, ne trouve son salut que dans le recyclage. Imputrescible à l'échelle humaine (il met quatre mille ans avant de se dégrader naturellement). Il ne peut entrer dans le cycle de l'incinération. Pour le recyclage, en revanche, cette matière inerte présente de nombreux avantages. Les tessons de verre sont aisément fondus. En outre,



**Figure III-2** : Etude comparative de consommation d'énergie entre différents procédés de fabrication de verre. [54]

ce procédé élimine toute impureté résiduelle. En théorie, le verre peut se recycler indéfiniment. [54]

A travers la figure III-2, une analyse énergétique entre les différents procédés montre que l'énergie (E4) à mettre en œuvre pour obtenir du verre fondu à partir du calcin (déchets en verre) est inférieure à celle (E1) nécessaire pour obtenir du verre à partir des matières premières initiales (1,5 million de tonnes récupérées économise 1,3 million de tonne de sable). [51, 53]

En effet, si  $\beta$  est le taux de recyclage d'un produit fini, un bilan de matière simple sur un gisement quelconque permet d'estimer la durée de son exploitation.

$$R = \sum_{i=1} (1 - \beta) C_i$$

où  $C_i$  et  $R$  sont les quantités de matières premières exploitées annuellement et la réserve du gisement respectivement. Au vu de cette analyse, la récupération du verre à travers le monde connaît un essor fulgurant. Ainsi, les résultats de l'évolution de procédés de recyclage pour certains pays européens sont présentés dans le tableau III-3.

**Tableau III-3 :** Evolution du taux de recyclage du verre en Europe, 1996. [55]

Pays	Allemagne	Suisse	France	Belgique	Italie
Tonnage collecté.	2.839	2.839	1.400	224	894
Taux de recyclage.	79%	79%	50 %	66 %	53 %
Prix du traitement. <sup>(1)</sup>	886	886	431	428	392
Prix payé par les verriers. (F.F)	329	329	400	302	303
Prix à la charge de la collectivité. (F.F)	557	465	31	126	89
<sup>(1)</sup> Prix à la tonne triée F.F : franc français. Prix : ADEME, étude des cours du calcin en Europe, 1995.					

Près de 50 millions de lampes, de tubes fluorescents et lampes contenant du mercure sont produits chaque année. Jusqu'en 1998, ces lampes finissaient chaque année leur vie dans les décharges en qualité de déchets banals assimilés aux ordures ménagères, et généraient près d'une tonne de mercure et 250 tonnes de poudre fluorescente, avec un impact particulièrement nocif sur l'environnement. Depuis 1998, les déchets contenant du mercure et des poudres fluorescentes doivent faire l'objet de précautions particulières lors de leur collecte, stockage, transport et traitement afin d'éviter tout rejet dans l'environnement. A ces premières préoccupations d'ordre écologique s'ajoute celle d'ordre économique. En effet, la saturation des décharges pose des problèmes de plus en plus difficiles à résoudre pour la collectivité. [56]

### III-3-4/ L'acier

L'acier est un alliage de fer et de carbone auquel on ajoute d'autres éléments dans des proportions variables pour parvenir aux caractéristiques souhaitées. Compte tenu de sa présence dans tous les secteurs d'activité économique, il se trouve au cœur de la vie quotidienne (boites, conserves...). C'est principalement à ce titre qu'il se retrouve

dans les ordures ménagères. L'acier est aussi le premier matériau à avoir été récupéré, à la fois parce qu'il est facile à collecter et parce qu'il est facile à réutiliser. [17] Il existe deux grands gisements d'acier :

- Le gisement professionnel ;
- Le gisement ménager.

L'acier représente les trois quarts des emballages alimentaires, loin devant le verre (11%), l'aluminium (8%), le plastique (1%). L'acier est utilisé à plus de 85 % dans les plats cuisinés et à 94 % dans les conserves pour animaux. [34]

#### III-3-4-1/ Valorisation de l'acier

A l'exception de la mise en décharge, tous les modes de traitement des déchets permettent de récupérer l'acier en exploitant ses propriétés magnétiques. Par ailleurs, ce métal ne présente aucun intérêt ni pour la valorisation organique ni pour la production d'énergie. [17,46] Recyclé et fondu, il est réinjecté dans les circuits de production. Outre l'avantage de préserver les ressources naturelles (le minerai de fer), cette valorisation présente des intérêts économiques. En théorie, l'acier se recycle indéfiniment [55].

#### III-3-5/ L'aluminium

Compte tenu de ses propriétés physiques (légèreté, résistance, conductivité - durabilité, ductilité), l'aluminium trouve des applications dans de très nombreux secteurs. Le tableau III-4 récapitule la répartition de sa consommation en Europe.

**Tableau III-4 : Répartition de la consommation d'aluminium. [57]**

<b>Europe (7.1 millions de tonnes)</b>		<b>France (1.08 million de tonnes)</b>	
Transport	26%	Transport	%29
Bâtiment	24%	Bâtiment	20%
Emballage	14%	Emballage	12%
Electricité	8%	Electricité	%11
Mécanique	8%	Mécanique	4%
		Equipement domestiques	9%
Divers	20%	Divers	15%
	100%		100%

Les utilisations se différencient également par leur mode de fabrication [46] (filage, laminage, étirage). Cependant, l'aluminium utilisé par les ménages " emballage aluminium" est de l'ordre de 72.000 tonnes, réparti en quatre gisements distincts, en fonction notamment de l'épaisseur du métal qui s'échelonne entre 0,3 mm pour les boîtes, jusqu'à 6,35 microns pour les feuilles d'aluminium incorporées dans d'autres emballages en multicouches. Afin de mettre en exergue l'importance croissante de

l'utilisation de l'aluminium, on présentera une analyse comparative entre quelques pays européens qui accordent un grand intérêt aux données statistiques qui relèvent de ce sujet. Ainsi, comme le montre le tableau III-5, on note qu'en France, seules 30 % des "boites boisson" sont en aluminium contre 75 % au Royaume Uni et plus de 90 % aux Etats-Unis ou en Suède). [46]

**Tableau III-5 : Consommation de " boites boisson" par habitant en 1997. [58]**

<b>France 40</b>	<b>Allemagne 78</b>	<b>Italie 32</b>	<b>Espagne 91</b>	<b>Royaume-Uni 134</b>	<b>Europe de l'ouest 73</b>	<b>Etats-Unis 373</b>
----------------------	-------------------------	----------------------	-----------------------	----------------------------	-------------------------------------	---------------------------

Nota : En 1998, la consommation a augmenté, et devrait être de 50 boites en France, 400boites par personne et par an aux Etats-Unis.

### III-3-5-1/ Valorisation de l'aluminium

Les déchets d'aluminium sont, en vérité, une véritable " mine de surface" à exploiter outre les importations qui représentent, pour l'ensemble des métaux non ferreux (MNF), 20% des matières premières utilisées dans le recyclage. Les volumes récupérés en collecte sélective restent cependant encore extrêmement faibles : 400 tonnes en 1997, soit 1% du gisement. Autant dire que la quasi-totalité de l'aluminium prend aujourd'hui d'autres voies : mise en décharge ou incinération.

Techniquement, le tri par courant de Foucault est un tri magnétique basé sur le principe de Maxwell : Le champ magnétique crée un courant dans tout objet conducteur passant à proximité (en l'espèce l'aluminium). Du fait de l'alternance des pôles, le courant produit par la rotation de la roue est un courant alternatif qui crée, à son tour, un champ magnétique qui s'oppose au premier. [5] Il y a donc création de forces radiales auxquelles s'ajoutent des forces tangentielles dues à la rotation. La résultante soulève l'objet et le projette. Pour la valorisation des déchets de ce métal, certaines approches sont envisagées, à savoir :

a) *Le recyclage:* L'aluminium peut être recyclé à l'infini, sans perdre aucune de ses qualités par rapport à la fabrication d'aluminium primaire à partir de bauxite. 355.000 tonnes d'aluminium ont été recyclées, ce qui correspond à un ratio de recyclage de 35 %. [45] Ce recyclage est non seulement parfaitement possible, mais vivement recherché. À l'issue de la collecte, l'aluminium recyclé est surtout utilisé en filage ou en fonderie (roues, cartes, pièces de moteurs automobiles), plus qu'en étirage et en

laminage. Si le gisement était plus important, techniquement, rien n'empêcherait de refabriquer des boites par exemple (c'est le cas aux Etats Unis). [59] Par ailleurs, l'utilisation de produits recyclés représente une économie d'énergie de 19% sur un produit primaire identique. Sur le strict plan énergétique, on peut considérer que le recyclage de l'aluminium, bien que n'utilisant que 90 % nécessaire à l'aluminium vierge, implique une consommation d'énergie de 3 mégajoules par kilo. Tandis que, l'incinération dégage une énergie dix fois plus grande. [45].

### III-3-6/ Valorisation des piles

Leur importance dans les déchets ménagers prend de l'ampleur avec la diversification des sources autonomes d'énergie. Ils (piles, accumulateurs, batteries etc.) contribuent, en France, jusqu'à 0,5 % dans les déchets solides. [61] Leurs performances sont liées à la qualité de l'électrolyte (chlorure de zinc et/ou de chlorure d'ammonium, hydroxyde de potassium, plomb, nickel cadmium, au nickel métal hydrure). Jusqu'à une période récente, le mercure était également utilisé dans les piles alcalines pour en améliorer l'efficacité. [61] Pour le traitement des piles, on distingue deux familles de recyclage des piles, accumulateurs et batteries :

- Par voie hydrométallurgique, les métaux qui ont des points d'évaporation différents sont récupérés grâce à des systèmes de condensation et de lavage de gaz pour être valorisés.
- Par voie chimique, les composants chimiques sont soit détruits dans des installations adaptées, soit réutilisés pour la fabrication d'autres piles, soit recyclé dans l'industrie chimique (engrais). [54]

En fonction de leur nature, les piles dangereuses sont dirigées vers un circuit spécialisé et recyclées. Quant aux autres piles et tant qu'il n'existe pas d'installation ou de procédé rentable et efficace de recyclage, l'élimination ne peut se faire que dans des décharges.

### III-3-7/ Valorisation des médicaments

L'importance des médicaments dans les déchets ménagers ne cesse de croître. Les médicaments ainsi que leur emballage représentent moyennement 1 kg/habitant/an. Statistiquement, 90 % des déchets issus des médicaments (DIM) sont constitués de papiers (notices et emballages). Pour ce qui est des médicaments, seuls 1 à 2 % sont des composants actifs et 98/99 % sont des excipients de confort.

Désormais, les DIM récupérés sont valorisés. Dans un premier stade, la valorisation des médicaments non utilisés réside par leur distribution aux associations et organisations non gouvernementales. On note toutefois une nette diminution de cette action qui ne représente plus que 10 % de la valorisation totale en 1998, contre 22 % en 1995. Afin de pallier cette tendance dans un second plan, la valorisation énergétique s'est imposée pour sa simple mise en œuvre. Les DIM correspondant aux médicaments non réutilisables et aux emballages sont dirigés vers les incinérateurs avec récupération d'énergie. La répartition entre les différentes formes de valorisation est établie dans le tableau III-6 comme suit :

**Tableau III-6** : Evolution de la valorisation des médicaments (en tonnes). [62]

	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
Valorisation humanitaire	1,515	1,508	1,031	963
Valorisation énergétique	5,379	7,714	8,635	9,330
<b>Total</b>	6,894	9,222	9,666	10,293

#### **III-4/ Les déchets ménagers biodégradables**

Les déchets biodégradables comprennent les déchets alimentaires, les déchets verts des ménages ou déchets de jardin, les papiers et les cartons. La collecte sélective des bios déchets au porte-à-porte ou par apport volontaire permet d'obtenir un matériau valorisable par compostage ou méthanisation, en produisant un amendement de qualité. [6]

1. Le compostage consiste en une fermentation aérée contrôlée qui aboutit à la production d'un composé organique, le compost. Ce dernier peut ensuite être valorisé dans l'agriculture, notamment pour régénérer les sols.
2. La méthanisation est par contre un procédé de fermentation sans insufflation d'air, qui aboutit à un dégagement de biogaz pouvant être récupéré.

Les déchets ménagers sont composés en majeure partie de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, mais aussi d'autres constituants en quantités beaucoup moins importantes comme le chlore, le soufre, les métaux lourds (mercure, chrome, zinc, arsenic, plomb, nickel et cadmium). Ces éléments chimiques sont répartis dans l'ensemble des constituants composant les OM. Bien qu'en faible quantité, moins de 5 %, ils sont la

source des polluants produits par la combustion des déchets (acide chlorhydrique, acide fluorhydrique, oxyde de soufre, métaux lourds et dioxines).

### **III-5/ Les rejets gazeux**

La combustion d'une tonne de déchets conduit à l'émission d'un grand nombre de résidus gazeux et particulaires, avant tout traitement. Un traitement des fumées s'avère donc nécessaire avant tout rejet à l'atmosphère. Sur le plan environnemental, ces fumées contiennent des :

a) Les dioxines et furanes : Les polyChloroDibenzoparaDioxines (PCDD) et les polyChlorDibenzoparaFuranes (PCDF), plus connues sous les noms de dioxines et furanes, sont deux familles d'organo-chlorés de plus de 200 isomères.

Ces produits n'existent pas dans la nature et ne sont pas fabriqués commercialement. Ils apparaissent après l'incinération des déchets urbains, essentiellement entre 250 et 400°C. Certaines de ces dioxines et furanes, 17 d'entre elles et notamment la 2, 3, 7, 8 tétrachlorodibenzodioxine, sont considérées comme cancérigènes et peuvent notamment perturber les système hormonal et immunitaire, ou provoquer des malformations chez le fœtus. On retrouve les toxines principalement dans les cendres volantes à des concentrations de 0,1 à 1 ng/g de cendres (équivalent toxique).

En Allemagne, les teneurs sont limitées à 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> (1 nanogramme= un milliionième de milligramme). [63]

b) Poussières : La concentration des poussières dans les fumées varient de 1,5 à 5 g/Nm<sup>3</sup>. Elle dépend essentiellement de la nature des ordures ménagères, de leur teneur en inertes et en fines, ainsi que les conditions de combustion. Les normes sont fixées à 30 mg/Nm<sup>3</sup> en sortie. [63]

c) Acide chlorhydrique : Sa concentration dans les fumées varie entre 800 et 2000 mg/Nm<sup>3</sup> suivant le type de déchet brûlé. Pour les ordures ménagères classiques, la fourchette correspond à 800 et 1200 mg/Nm<sup>3</sup> alors que les déchets industriels, riches en plastiques, donnent des teneurs de 2000 mg/Nm<sup>3</sup> de HCl et plus. On considère, en général, qu'une tonne d'ordures ménagères contient 7 à 12 kg de chlore. La majeure partie est émise sous forme d'HCl (70 %) mais une certaine quantité reste dans les mâchefers (10 %) et dans les cendres (20 %). [63]

d) Oxydes de soufre ( $\text{SO}_x$ ): Cette famille de polluants regroupent le  $\text{SO}_2$  (90%) et le  $\text{SO}_3$  (10%) qui sont produits lors de la combustion. En outre, l'émission du  $\text{SO}_3$  apparaît plus facile du fait de sa plus grande réactivité. C'est pourquoi les  $\text{SO}_x$  sont souvent assimilés au  $\text{SO}_2$ . Provenant le plus souvent de l'incinération, de plâtre et de panneaux muraux, leur concentration varie entre 200 et 300  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . Etant chimiquement très actifs sous l'effet des radiations UV, les émissions de  $\text{SO}_2$  dans l'atmosphère sont souvent associées au phénomène des pluies acides.

f) Oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ): Les  $\text{NO}_x$  se forment lors de la combustion par oxydation de l'air. La participation des incinérateurs à l'émission totale des  $\text{NO}_x$  apparaît relativement faible. La législation européenne impose des limites de rejets de l'ordre de 80 à 100  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . [63]

### III-5-1/ Issus de la mise en décharge

Les déchets mis en décharge se composent d'un mélange de matières solides organiques et non organiques qui contiennent de l'eau en quantités variables et sont distribuées de manière non homogène dans le corps de la décharge. La substance organique subit en présence de l' $\text{O}_2$  atmosphérique une dégradation biochimique et il en résulte, dans une première phase, l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). Par suite de dépôt de nouveaux déchets, l'oxygène qui se trouve à la surface est très vite consommé de sorte que le processus suivant (dégradation biochimique) se passe dans un milieu anaérobie. Le gaz résultant contient de la dioxine, du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ), ainsi que des sous-produits de très mauvaise odeur tels que l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , l'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ), le nitrogène ( $\text{N}_2$ ). La production de gaz dans une décharge commence après 06 mois et peut se poursuivre pendant 10 à 20 ans. [64]

### III-5-2/ Les constituants du gaz d'une décharge

Le gaz émanant d'une décharge standard est constitué essentiellement de :

a) le méthane ( $\text{CH}_4$ ) : Le  $\text{CH}_4$  est un gaz non toxique et incolore dont le PCI est de 39,910  $\text{kJ}/\text{m}^3$ , ce qui correspond à un litre de mazout. Quand la concentration du méthane dans l'air se situe entre 5 et 15 %, il se forme un mélange explosif. A l'instar du dioxyde de carbone, le méthane contribue à l'effet de serre. [45]

*b) le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)* : Le CO<sub>2</sub> est un gaz incolore, incombustible, toxique et inodore. Au taux de 4 % à 5 %, le gaz provoque l'évanouissement chez l'homme ; au taux de 8 %, il provoque la mort de l'homme au bout d'une demi - heure. Des concentrations de CO<sub>2</sub> entre 20 et 25 % sont toxiques pour les plantes [45,63].

*c) l'hydrogène* : L'hydrogène résulte des dépôts des déchets frais. Normalement, sa teneur dans l'air est de 4 à 6 %, au maximum de 20%. A un pourcentage volumique de 4 à 75,6, H<sub>2</sub> forme un mélange explosif avec l'air. [64]

*d) l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S)* : Un gaz très inflammable et explosif (à un pourcentage volumique de 4,3 à 45,5 dans l'air). Le risque d'intoxication avec ce gaz est possible pour des concentrations très élevées au delà de 12 g/m<sup>3</sup>. [45,64]

Cependant, d'autres gaz en faibles concentrations y sont présents (NH<sub>3</sub>, CO). Pour éviter les risques qui résultent d'un dégazage non contrôlé, il faut installer dans une décharge un système de captage, d'évacuation et d'utilisation du gaz de décharge. [64]

### III-6/ Les métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent dans les différentes catégories de déchets : déchets industriels évidemment, mais aussi déchets ménagers.

*a) Dans les déchets industriels* : Les métaux lourds se trouvent de façon évidente dans les déchets industriels. Il y a le secteur émetteur direct, qu'il s'agisse de raffinage de métaux, de la métallurgie de l'acier, de la chimie et aussi du secteur utilisateur de métaux lourds. [45]

*b) Dans les déchets ménagers* : Les métaux lourds représentent 4,1% de la production globale d'ordures ménagères. En vérité, ils se trouvent dans tous les compartiments des déchets : les papiers, les plastiques, les putrescibles (poissons), les piles au mercure et au cadmium, les capsules de surbouchage au plomb, les thermomètres au mercure. La composition physico-chimique des ordures ménagères est donnée par le tableau III-7 et le tableau III-8.

**Tableau III-7** : Part de métaux lourds apportée pour chaque type d'ordures ménagères.  
(En pourcentage - données 1993).

Catégorie	Part de plomb (%)	Part de cadmium (%)	Part de mercure (%)	Part d'arsenic (%)
Teneur moyenne dans les ordures ménagères.	795 mg/ kg MS	4 mg/kg MS	3 mg/kg MS	5 mg/kg MS
Déchets putrescibles.	4	12	7	2
Papiers.	1	5	< 1	< 1
Cartons.	< 1	3	2	< 1
Complexes.	< 1	< 1	< 1	< 1
Textiles.	< 1	5	< 1	< 1
Textiles sanitaires.	< 1	< 1	< 1	< 1
Plastiques.	3	37	5	1
Combustibles.	< 1	13	< 1	< 1
Verres.	11	8	< 1	79
Métaux.	64	10	< 1	12
Incombustibles.	14	5	< 1	6
Déchets ménagers spéciaux.	< 1 **	1 *	82	< 1
TOTAL .....	100	100	100	100

Source : ADEME - La composition des ordures ménagères en France.

MS = matière sèche

**Tableau III-8** : Composition physicochimique des ordures ménagères [32]  
(en mg/kg de matière sèche.)

	Toutes ordures ménagères confondues.	Éléments fins.	Combustibles classés.	non Textiles.
Plomb	795	931	184	99
Cadmium	4	4,5	14	6,8
Mercure	3	1,3	0,2	0,5
Arsenic	5	4,3	-	-

### III-6-1/ Les métaux lourds issus des méthodes de traitement des déchets

*a) L'incinération* : Lors de l'incinération des déchets urbains l'atmosphère est oxydante et les températures atteintes sont comprises entre 750 et 1000°C. Tous ces paramètres réunis peuvent conduire à la production des métaux lourds. Hors procédés de traitement (valorisation et recyclage), l'incinération libère des métaux lourds, dont on distingue trois catégories :

- Les métaux lourds toxiques tels que le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le chrome (Cr) et le plomb (Pb) ;
- Les métaux moyennement toxiques, tels que le cuivre (Cu), le nickel (Ni). Ils sont moins toxiques que les précédents, mais ont un effet catalyseur, en particulier.
- Les métaux faiblement toxiques tels que le fer (Fe) ou l'aluminium (Al).

La répartition de ces métaux lourds est donc de manière variable en trois flux : le fer, le cuivre et l'aluminium, se retrouvent essentiellement dans les mâchefers (plus de 90%). Le mercure est entraîné par les fumées. [24]

*b) La thermolyse* : Dans les conditions de températures sont comprises entre 450 et 600°C et de l'atmosphère réductrice, les métaux sont décapés de toute substance organique (peintures, vernis, isolants) et restent sous la forme métallique ou oxyde. Les métaux sont récupérés à l'état métallique ou combiné dans leur état initial avec le coke de thermolyse. [10] Le mercure et le cadmium (en moindres quantités) peuvent être entraînés par les gaz de thermolyse.

*c) Les lixiviats* : Les lixiviats sont le résultat de la percolation, à travers les déchets, d'eau qui se charge bactériologiquement et chimiquement. Ils contiennent de la matière organique, des hydrocarbures, des composés minéraux, des métaux lourds tels que Hg, Zn, Cr, Cd, Pb, Cu, As, etc. L'existence de métaux lourds dans les lixiviats varie en fonction de la qualité des déchets. [5] Ces lixiviats chargés de métaux lourds peuvent atteindre les nappes phréatiques par mécanisme de migration qui dépend de la vitesse d'écoulement. [17] Il existe d'autres processus physiques tels que la convection et les dispersions transversale et longitudinale. Parallèlement à ces processus hydrodynamiques, d'autres mécanismes liés à la nature du polluant et au milieu sont déterminés pour évaluer l'atténuation des contaminants. [51]

Les principales réactions d'atténuation sont des processus physiques (filtration, rétention capillaire), biochimique (biodégradation) et chimique (précipitation et coprécipitation, échanges ioniques et absorption). L'atténuation des métaux lourds à

100% pour le Pb et le Cr, 80% pour le Cu, 75% pour le Zn et à 60% pour le Cd, serait aussi attribuable en bonne partie aux phénomènes de rétention capillaire et d'absorption. Les métaux lourds sont adsorbés sélectivement : les hydroxydes de fer fixent préférentiellement Zn, Cu, Pb, Hg, et Cr, tandis que les hydroxydes d'aluminium captent Cu, et le Cr et que les argiles fixent le Zn, Cu, et Hg. [52]

### III-6-2/ Incidence des métaux lourds sur la santé

Les métaux lourds présents dans les lixiviats peuvent être à l'origine d'une pollution et avoir de graves répercussions sur la santé. [54]

- 🌈 *Le plomb* : Les premiers effets de la toxicité du plomb commenceraient à 100 µg de plomb par litre de sang chez l'enfant et 150 µg de plomb par litre de sang chez l'adulte. La dose hebdomadaire tolérable a été fixée à 25 µg de plomb par kilogramme de poids corporel. [65]
- 🌈 *Le cadmium* : Le risque de toxicité rénale apparaît à partir de 4 à 5 µg /g. [68] La concentration normale en cadmium dans le sang est de 5 µg /litre. La dose hebdomadaire tolérable est de 7 µg /kilo/semaine. [65]
- 🌈 *Le mercure* : La concentration normale en mercure dans l'urine est de 5 µg /gramme de créatine, chez un sujet sans amalgame. La concentration du mercure dans le sang est en général inférieure à 5 µg /litre. Les risques commenceraient à partir de 10 ou 20 µg /litre. [65] L'apport alimentaire journalier de 1 µg correspond à une variation de mercurémie de 1 µg /litre.
- 🌈 *L'arsenic* : L'ingestion chronique d'arsenic peut conduire à de graves problèmes de santé allant des cancers (peau, poumons, vessie, reins) au diabète et à des désordres d'ordres cardiovasculaire et respiratoire.

Les eaux souterraines peuvent être contaminées par l'As inorganique, sous ses formes As (III) et As (V). La solution principale à la pollution de l'eau par l'arsenic semble donc résider dans sa décontamination. Devant ce fait, des chercheurs de l'université De Montfort de Leicester ont choisi d'employer de la poudre de racines séchées de jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), provenant de Dakka au

Bangladesh. Des résultats très encourageants au cours du mois de mars 2005 ont été obtenus. Ils ont observé que cette poudre peut supprimer rapidement et très efficacement l'arsenic présent dans l'eau. En effet, ils ont utilisé la spectrométrie d'absorption atomique pour démontrer que plus de 93 % de l'arsénite (As (III)) et 95 % de l'arséniate (As (V)) disparaissaient d'une solution contenant 200 µg/l d'arsenic et ce après 60 minutes de traitement avec une poudre fabriquée à partir de racines séchées. La quantité d'arsenic restante est inférieure à 10 µg/l, seuil édicté par l'OMS pour l'eau potable. [66]

### **III-7/ Conclusion**

Les déchets ménagers solides (DMS) enfouis peuvent être traités par l'introduction du lixiviat dans la matrice du déchet. Une attention croissante est accordée à la recirculation du lixiviat comme un moyen de traitement in situ du lixiviat et de stabilisation du sol. Les boues, avec recirculation du lixiviat, fonctionnent comme un système bioréacteur pour le traitement de DMS plutôt que sites de décharge conventionnelle de déchets. Dans ce sens, il a été étudié l'impact de différents régimes de recirculation sur la dégradation du DMS en procédant par simulation. Les études ont montré que la décomposition du déchet peut être améliorée par l'augmentation du débit de l'eau (Humidité) comme résultat de la dilution de produits inhibiteurs avec le maintien de conditions environnementales favorables par une distribution uniforme de l'humidité et l'addition de quantités plus grandes d'éléments nutritifs et de microorganisme. [67, 68] En conséquence, l'accroissement de la valeur de pH conduit à l'augmentation de la quantité de CH<sub>4</sub> produite indiquant l'installation d'une stabilisation anaérobie dans le réacteur. Car de telles conditions ne sont pas favorables (pH=5,5 ÷ 6) au développement d'une population active dans la réaction de méthanogénèse. Pour pH > 6, il a été confirmé l'activation du procédé de stabilisation et l'établissement d'une population active en méthanogénèse. [46] Compte tenu de la diffusion rapide et de l'hydrolyse de matériaux organiques contenus dans les déchets solides dans le lixiviat, on remarque une croissance quasi exponentielle de la concentration DCO (1 → 9). Cependant, la décroissance en DCO est contrebalancée par l'accroissement de la production de gaz (méthane). La stabilisation du déchet est directement liée à la quantité de méthane produite, rapportée à l'unité de masse organique (kg) de déchet stabilisé. Il est fortement sensible à la technique de recirculation du lixiviat, à l'introduction d'éléments nutritifs tels que le phosphore, l'azote par l'augmentation de la population

microbienne ainsi que des conditions climatiques. Pour des concentrations élevées en  $\text{NH}_3$ , on peut avoir un effet inverse sur les processus anaérobies. [69] Une autre réflexion a été mise à l'épreuve en juin 2003, pour l'élimination des polluants organiques et minéraux (à l'exception des hydrocarbures et des métaux lourds), en utilisant les bambous. Ces plantes possèdent en effet un réseau complexe de racines abritant des micro-organismes capables de dégrader les matières en suspension et de les transformer en nutriments, lesquels sont ensuite absorbés avec l'eau par les tiges. Lorsque le bambou atteint sa taille définitive, la plante peut être récoltée pour son bois qui peut servir à la production de lattes ou de panneaux. [70]

# Partie expérimentable

# Chapitre IV

Analyse physique de la composition  
des déchets ménagers solides.

### **IV-1/ Introduction**

Compte tenu de l'évolution des composantes sociales des agglomérations, divers facteurs de nature socio-économique contribuent à l'aggravation des problèmes de la pollution, déjà, initialement existants. En effet, l'urbanisation accélérée des pays industrialisés a eu, pour corollaire, une concentration incessamment croissante des sources de contamination de l'environnement par les rejets inhérents aussi bien aux industries qu'aux déchets ménagers.

Si l'avancement technologique offre des possibilités considérables d'extension de la production industrielle, il y a lieu de noter que ce développement est à l'origine d'énormes quantités de déchets dont la nuisance dépend essentiellement de la multitude de substances minérales et organiques non biodégradables, parfois toxiques voir indestructibles à moyen terme (matières plastiques, certains pesticides, résidus de fabrication de dioxines, métaux inoxydables, radionucléides, etc.) qui sont mal gérées à l'échelle régionale et internationale.

Dans cette partie, nous nous sommes penchés sur l'étude expérimentale visant la caractérisation des déchets solides urbains du chef-lieu de la wilaya de Chlef, et leurs impacts sur l'environnement. En effet, une bonne gestion des ordures ménagères s'impose afin de réduire de sérieux problèmes causés à l'environnement en adoptant la stratégie adéquate.

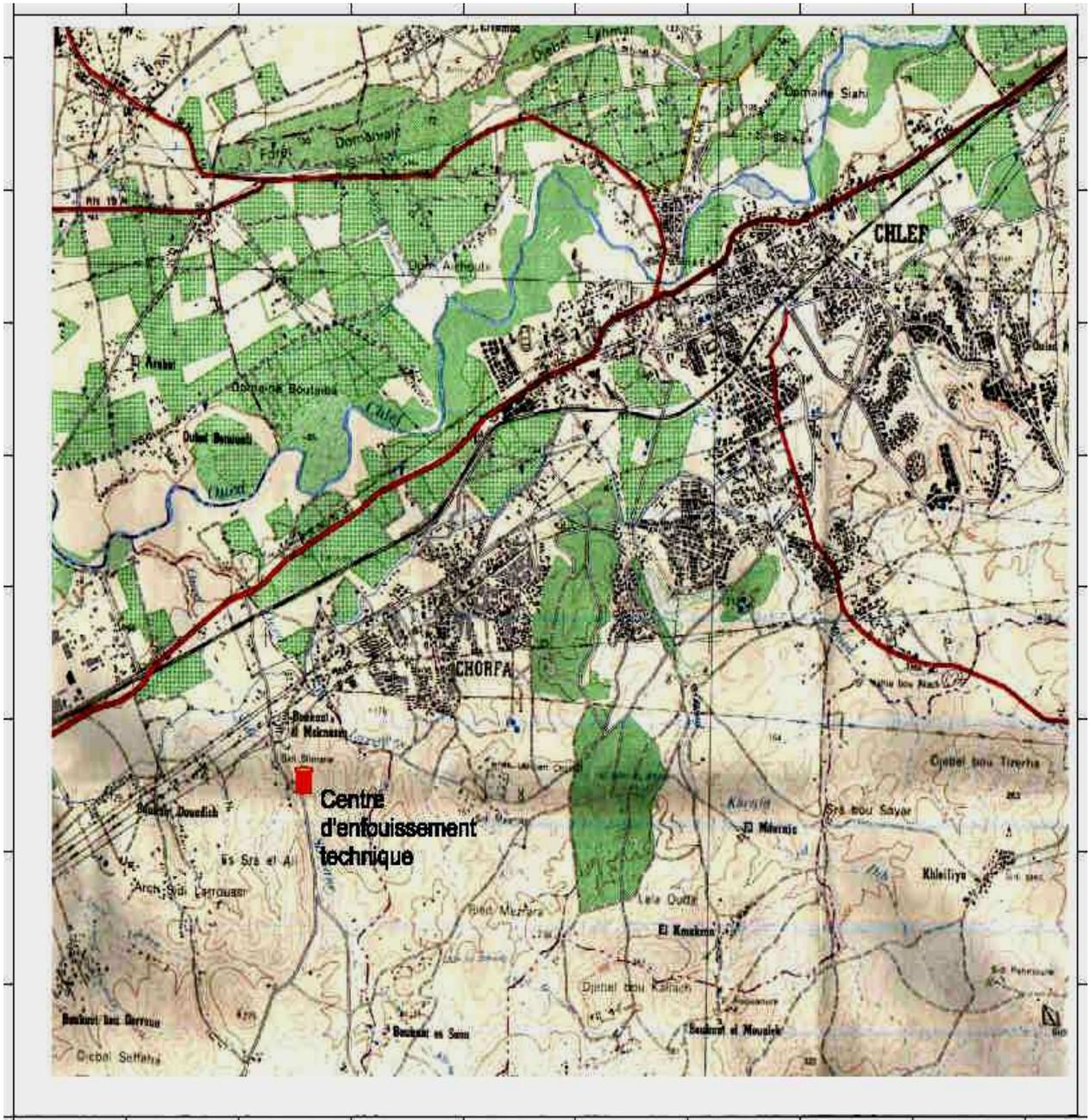
### **IV-2 / Présentation de la zone d'étude**

La région de Chlef, appelée pleine du moyen Cheliff, dont l'altitude varie entre 100 à 200m, est caractérisée par un climat semi-aride, présentant une longue période estivale sèche et chaude, avec une saison hivernale, pluvieuse et froide. Elle s'étend sur une superficie de 124 km<sup>2</sup>, avec un périmètre urbain qui s'étend sur une superficie de 1793.25 hectares. L'étude a été menée au niveau de la décharge, appelée Centre d'Enfouissement Technique ( C.E.T.) de « Meknassa», en particulier sur les déchets solides urbains de la ville de Chlef.

De point de vue historique, le service d'hygiène de l'assemblée populaire communale (A.P.C.) de Chlef, déclare que la décharge a été ouverte durant l'année 2004 et ce après la fermeture de la décharge sauvage de « Hay Chegga », qui existait bien avant les années 50. En effet, après le séisme d'octobre 1980 et après éparpillement des habitants du chef-lieu de la wilaya, cette dernière a été exploitée conjointement par les communes limitrophes à savoir celle de Chettia, d'Oum-Edrou, de Chlef et de Medjadja.

Géographiquement, la décharge de la commune de Chlef « Meknassa » se situe à huit (08) kilomètres au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Chlef, sur une plate forme appartenant à la commune de Oued-Sly (Carte n° IV-01). Elle est limitée :

- A l'ouest, par la route communale Sidi Laroussi-Sidi Slimane,



**Carte IV-01 :** Carte géographique localisant le Centre d'Enfouissement Technique de Meknassa (Echelle : 1/50000) [71]

- Au nord, par Bocca de Meknassa,
- A l'est et au sud, par des terrains et biens domaniaux.

### IV-3/ Géologie

L'étude géologique, que nous présentons ici, est la synthèse des données des forages profonds réalisés par la Société Nationale de la Recherche Pétrolière en Algérie (S.N.Re.P.Al), qui nous ont permis de préciser la nature lithologique des différentes formations, leurs successions stratigraphiques, leurs textures, leurs discontinuités structurales et la structure tectonique de la jeune dépression du Chélif. [72] Il y a lieu de noter que, sur la base d'information géologique, il existe une faille importante dans le bassin du Chellif. En effet, la région est classée parmi les zones à hauts risques ; les séismes de 1954 et 1980 dont les magnitudes sont, en moyenne, de l'ordre de  $6,2 \div 7,2$  sont les preuves palpables.

#### IV-3-1/ Histoire géologique succincte et morphologie du sol.

La morphologie du Moyen-Chélif est étroitement liée à son histoire géologique depuis le Tertiaire jusqu'à nos jours. Cette dernière peut-être résumée comme suit :

#### IV-4/ Hydrogéologie

Dans la série stratigraphique, les formations de nature poreuse et perméable et qui peuvent être considérées comme aquifères potentiels sont :

- Les calcaires jurassiques à lithothamnium.
- Les grès et marnes de base Miocène inférieur, Miocène supérieur, Pliocène marin et continental.
- Les alluvions quaternaires.

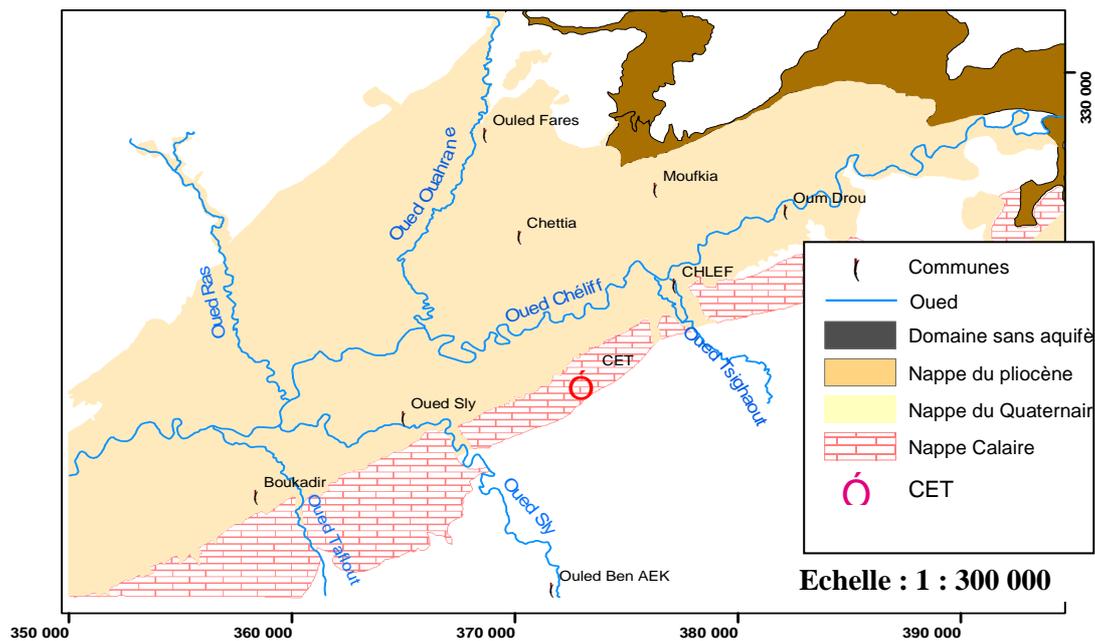
La carte établie par l'Agence du Bassin Hydrographique (ABH) en 2001 (Carte IV-02), permet d'identifier trois types de nappes dans le Moyen-Chélif occidental.

**1 – La nappe alluviale** : C'est une nappe libre à multicouches avec un ou deux aquifères profonds plus productifs, constituée essentiellement d'alluvions (galets et gravier) ; sa recharge potentielle annuelle est de  $12 \text{ hm}^3$ . [74]

**2 – La nappe des grés et sable du Pliocène marin** : Elle présente un système aquifère à nappe libre ou captive. Sa partie libre est alimentée par le déversement de diverses sources situées dans les collines bordant la plaine du côté nord. C'est une réserve faible avec une recharge potentielle annuelle de  $3 \text{ hm}^3$  seulement.

ERESYS		ETAGES	DESCRIPTIONS	LITH.	EPAL.
QUATERN		récent	Alluvions à éléments fins		10
		Moyen	Alluvions grossières (galets et graviers)		à
		Ancien	Grès et conglomérants. Limos grises de base.		120m
PLIOCENE		Villafranchien	Série rouge. Grès et sable rouge parfois argileux.	20	à
		Astien Plaisancien	Grès marin. Séries détritiques de base.	200m	
MIOCENE		Messinien	Gypses	120	à
		Tortonien	Marnes bleues très épaisses Tripolis et marnes à tripolis		
		Serravallien	Calcaires à lithothamnées	1200m	
		Langhien	Séries détritiques et grès de base		
		Burdigalien	Séries conglomératiques sableuses		
		Aquitaniens	Séries mameuses noires Calcaires gréseux Schistes à passage conglomératiques	150	à
			700m		
PALEOG.		Marnes bitumineuses foncées Argiles à lumachelles et marnes gypsifères Marnes bitumineuses à lentilles de calcaires	400 m		
CRETACE		SUP	Marnes et calcaires argileux Marnes argileuses Schistes argilo-mameuses	400 m	
		Aptien	Calcaires argileux parfois gréseux Calcaires mameux	100	à
		Barrémien	Marnes grises très épaisses	1400 m	
		Néocomien	Argiles gréseuses avec des quartzirétiques		
JURASSIQU.		Malm	Marno-calcaires Marnes compactes ( Oxfordien )	300	à
		Dogger Lias	Calcaires microcristallins/ siltstones noduleux Calcaires dolométiques	700 m	
		Trias	Gypses, cargneules, dolomies, argillites et marnes barriolées		
		PALEOZOIQUE	Socle métamorphisé...		

Figure IV-1 : La stratigraphie synthétique du Moyen-Chéiff occidental. [73]



**Carte IV-2 :** Carte des nappes du Moyen-Chélif occidental [74].

**3- La nappe du calcaire Lithothaminium :** Elle est bordée entre la nappe Quaternaire au nord et le massif de l'Ouarsenis au sud. La nappe calcaire est considérée comme une réserve importante. Elle est à surface libre, à structure tabulaire ou plissée et/ou fracturée. La recharge potentielle annuelle est semblable à celle de la nappe alluviale (12 hm<sup>3</sup>).

#### IV-5/ Comportement hydrodynamique

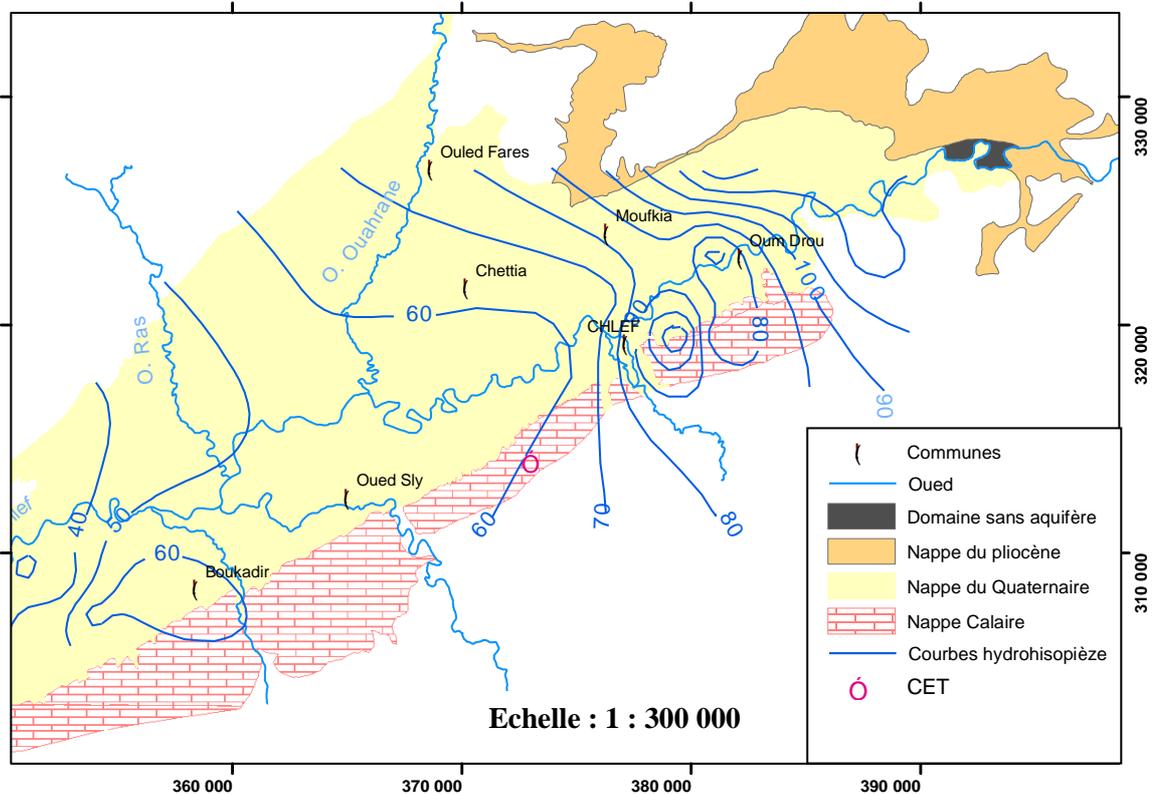
Le comportement hydrodynamique est analysé par la morphologie de la surface piézométrique. La carte piézométrique a été établie à la base des données de la campagne d'avril 2004 (carte IV-03) où les niveaux d'eau sont symbolisés par des courbes hydroisopièzes. Elle indique une direction moyenne d'écoulement orientée est-nord-est et ouest-sud-ouest. Sur la rive gauche de l'oued Chlef, la nappe calcaire à lithothaminé se déverse dans la nappe alluviale dans les directions est et ouest d'où l'allongement des courbes hydroisopièze.

Sur la rive droite, au nord de la ville de Chlef, les courbes serrées sont dues essentiellement à la faible perméabilité de la formation. La divergence des courbes donne un axe de drainage, preuve de pompage intensif.

##### IV-5-1/ Ressources en eau

La plaine du Moyen-Chélif comporte des potentialités considérables en eau, malheureusement l'absence d'une politique d'aménagement et de gestion rationnelle fait que la

plaine n'en profite pas. Les principales ressources superficielles du Moyen-Chélif occidental sont constituées par deux retenues implantées sur la rive droite de l'oued Chlef :



**Carte IV-3 : Carte piézométrique, avril 2004 [74]**

- *Le barrage de Oued Fodda*, situé à 20 Km au sud-est de la ville de Chlef, construit en 1932 avec une superficie de 800 km<sup>2</sup> et une capacité de rétention de 215 hm<sup>3</sup>. Cette capacité se trouve diminuée de deux tiers soit : 75hm<sup>3</sup> en début de l'année 2000. [75]
- *Le barrage de sidi Yakoub*, implanté dans la gorge de oued Lardjam sur l'oued Sly au sud-ouest de la ville de Chlef dans la commune de Ouled Ben Abdelkader, mis en service en 1985 pour une capacité de 280 hm<sup>3</sup>. Il est alimenté par le massif de l'Ouarsenis au sud qui est constitué de calcaire perméable et augmente, par conséquent, sa dureté totale.

En plus de ces deux ressources, la plaine pourrait aussi être alimentée à partir des autres ressources en eau superficielle du bassin du Chélif, telles que les eaux non régularisées excédentaires du Chélif.

**IV-5-2/ Ressources en eau souterraine**

Les trois nappes citées précédemment sont exploitées à partir de puits et forages disposés surtout le long de l'oued Chlef dans la nappe du Quaternaire. Les profondeurs varient de 5 m à 210 m avec une moyenne de 32 m. L'eau extraite est utilisée pour la consommation humaine, abreuvoir des animaux, quelques industries et surtout l'irrigation dont la qualité est résumée dans le tableau suivant (tableau IV-1).

**Tableau IV-1** : Types d'eau et qualité chimique des eaux souterraines du Moyen-Chéiff occidental [74]

<b>Nappe</b>	<b>Type d'eau</b>	<b>Résidus secs à 105°C (mg/l)</b>	<b>Teneur en nitrates (mg/l)</b>
<b>Quaternaire</b>	Chloruré sodique	2004	50
<b>Calcaire</b>	Chloruré calcique et chloruré sodique	1997 à 2929	72
<b>Pliocène marin</b>	Chloruré calcique et bicarbonaté calcique	1700	57

La valeur élevée du résidu sec à 105°C des eaux des nappes de la région, qui dépasse les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (norme = 1500 mg/l), indique la forte concentration pour tous les éléments chimiques confondus. Les polluants d'origine agricole présentent aussi une menace du fait de la teneur des nitrates dont la teneur minimale est égale à la norme (50 mg/l).

**IV-6/ Conditions climatiques**

Compte tenu de l'aspect d'une décharge réglementée, les différents paramètres climatiques pourraient influencer directement sur la pollution aussi bien atmosphérique qu'environnementale (sol). Sans prétendre être exhaustif, il y a lieu de citer :

- *Le vent* : C'est un facteur climatique important qui entre en ligne de compte dans toute implantation d'une décharge. En effet, il est préférable de déterminer préalablement l'orientation des casiers en fonction de la direction des vents dominants et ce afin d'éviter l'éparpillement des déchets légers tout en réduisant au minimum l'agressivité de l'environnement lors de la propagation du biogaz et des odeurs nauséabondes. Il est important de noter que les vents dominants de la région de Chlef soufflent de l'est et du sud-ouest avec des orientations changeantes en fonction des saisons. De ce fait et compte tenu de la localisation de la décharge, les habitants vivant aux alentours du site ( $\approx 500\text{m}$ ) ont, à maintes

reprises, formulé leur désarroi car ils étaient directement exposés aux odeurs fétides et les gaz issus de la fermentation des déchets durant la saison chaude.

- *La température et la pluviométrie* : Les données pluviométriques relatives à la région montrent que la pluviométrie est instable et qu'elle ne saurait guère répondre aux besoins de l'agriculture. De part sa nature, l'eau, conjuguée à l'effet de la température, est un élément très important favorisant les phénomènes de fermentation. Or, au niveau de la décharge, on constate une absence totale du système d'évacuation et de détournement des eaux de ruissellement au niveau du site actuel. En outre, si la pluviométrie est d'une importance capitale, l'effet de la température et de ses variations saisonnières méritent une analyse toute particulière dans l'étude des transformations (réactions chimiques et biochimiques) que subissent les déchets lors de son séjour en dépôt. En effet, l'activité bactérienne se trouve amplifiée par l'accroissement de la température dont les conséquences directes demeurent, dans une première approche, la production d'agents pathogènes qui sont entraînés par le ruissellement de fluides environnants. C'est dans cette optique qu'il a été établi deux périodes caractéristiques de la région de Chlef suivant les données de l'Office National de Météorologie (O.N.M. 2001), où on distingue :

- Une période, relativement assez froide, avec des températures minimales qui sont notées durant la période qui s'étale du mois de janvier jusqu'au mois d'avril. La température moyenne relevée est de 10,9°C.

- Une période chaude pendant le reste de l'année avec des températures maximales durant le mois d'août. La température moyenne est de 28,4°C.

#### **IV-7/ Description de la structure de la décharge de Meknassa**

L'exploitation d'une décharge contrôlée doit répondre aux exigences fixées par le cahier des charges. Sur le plan purement technique, la mise en décharge est effectuée suivant un schéma technique de sorte que lorsque l'épaisseur de couches superposées de déchets atteint sa valeur nominale (0,8m ÷ 1,0m), elle est compactée pour être recouverte alternativement de tuff dont l'épaisseur est de l'ordre de 10% de la couche de déchets. Cette méthode d'enfouissement a été retenue pour les avantages suivants :

- Réduction du volume de déchets par tassement à répétitions.
- Meilleures conditions de fermentation aérobie.
- Elimination de l'effet nuisible de fumées et des odeurs.

- Protection de la transmission de maladies par les animaux errants.

En sus de la pollution chimique, il y a lieu de considérer la pollution biologique laquelle est intimement liée à la migration de microorganismes et de particules toxiques vers la nappe souterraines lors de l'infiltration du lixiviat. Néanmoins, cette voie de pollution demeure assez limitée en raison de sa faible vitesse de propagation d'une part et de la courte durée de vie des microorganismes d'autre part.

Si la décharge a été implantée au sein d'un site constituant une ancienne carrière de tuf, les aménagements entrepris dans l'objectif pour qu'il soit un lieu de dépôt de déchets ne répondent guère aux normes de protection de l'environnement pour les raisons évidentes suivantes :

- Le dépôt de déchets à ciel ouvert est à l'origine de l'envol de certains déchets légers (sachets en plastiques par ex.) ainsi que de l'émission de gaz résultants de la fermentation de la matière organique dont le principal polluant est le méthane (figure IV-2).

- Le système de drainage de l'eau de percolation se trouve à un niveau inférieur par rapport au niveau du bassin destiné à recevoir le lixiviat. Cette anomalie est bel et bien visible par le débordement des lixiviats dans les voisinages immédiats pour s'accumuler en lacs,



**Figure IV-2 :** Vue générale de la décharge actuelle.

sources potentielles de la pollution de l'eau souterraines par infiltration et de l'eau de surface



**Figure IV-3 :** L'accumulation du lixiviat hors décharge.

par simple ruissellement, lors de la saison pluviale (figure IV-3). En effet, en l'absence d'un système de drainage adéquat, le sol se trouve contaminé par les microorganismes, ainsi que par certains métaux lourds (Pb, Hg, Cd, Cu, Ni,.....), et quelques espèces ioniques ( $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Cl^-$ , etc.) entraînés dans le lixiviat compte tenu de la composition du déchet non trié déposé à la décharge.

#### **IV-8/ Analyse quantitative de déchets de l'agglomération de Chlef**

Afin de réduire les dégâts de la pollution occasionnée par la décomposition des déchets déposés de façon quasi anarchique et sans le moindre contrôle préalable, une étude de la composition physique doit être entreprise pour qu'il soit établi un plan de réaménagement du site dans le but de valoriser toute sorte de déchets en utilisant les techniques appropriées. Pour y parvenir, notre étude porte essentiellement sur :

1- Caractérisation physique des déchets solides urbains de l'agglomération tout en émettant l'hypothèse qui consiste à considérer la population de la zone comme représentative de l'ensemble des résidents de la zone urbaine de Chlef suivant un schéma de tri quasi aléatoire et ce en fonction de l'objectif qu'on fixe dans le cadre de ce projet, pendant une période relativement assez étendue, couvrant une période de trois (03) mois.

2- Analyse chimique de la composition de l'eau de percolation afin de déterminer les principaux polluants du sol d'une part et ceux de la nappe souterraine par infiltration à travers la couche poreuse constituant le casier de la décharge.

3- Analyse de la texture du sol qui a été menée par la détermination expérimentale aussi bien de sa porosité que de sa perméabilité sur la base du modèle de l'écoulement dans les milieux poreux par l'application de la loi de Darcy relative à l'écoulement dans les milieux poreux.

#### IV-8-1/ Identification de la composition des déchets solides

Pour accéder à la composition moyenne du déchet quotidien de l'agglomération de Chlef, on a procédé par une technique d'échantillonnage (tri) où l'analyse de la composition physique des déchets à transporter par les moyens appropriés (tracteurs, bennes tasseuses) avant leur déposition définitive dans la décharge (Loi n°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la Gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ; Article 32). Cette analyse a été effectuée avec une fréquence de deux à trois fois par semaine. Cette technique basée sur le tri manuel et le pesage des déchets suivant leur nature, après les avoir emballés dans des sacs poubelles de capacité égale à 20 litres, a permis de quantifier dans un premier temps la composition, en nature, des ordures de l'agglomération durant les mois de mars, avril et de mai de l'année 2005. Il y a lieu de préciser que nous avons opté pour ce schéma d'études compte tenu de la finalité de notre sujet, laquelle est axée sur la perspective de l'implantation éventuelle d'un

**Tableau IV-2 : Horaires de rotation de véhicules de collecte. [76]**

Véhicule	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Bennes tasseuses (02 tonnes 20 kg de déchets)	03 V (à 6h, 9h et 11h)	02V (06h et à 11h)	00V				
Tracteur agricole (800kg de déchets)	02V (10h et à 11h)	01V (08h)	01V (08h)				

V : voyage

procédé de valorisation des déchets de Chlef et de ceux des départements limitrophes. Afin de mettre en exergue l'importance des quantités de déchets déposés, il est plus cohérent de

présenter la fréquence hebdomadaire de rotations de véhicules de collecte, dans l'agglomération de Chlef (Tableau IV-2).

#### IV-8-1-1/ Caractérisation physique des déchets solides

En vue de l'amélioration des procédés de gestion des ordures ménagères, il convient de procéder périodiquement à l'établissement d'un fichier précis sur la base de la composition des déchets (ménagers et industriels). Cette analyse élaborée sur des méthodes et des règles bien précises, dépendant de l'objectif préfixé, conduit à donner des renseignements rigoureux et

**Tableau IV-3 : Paramètres d'analyses des déchets solides ménagers de la décharge.**

Paramètres d'analyses.	Unités.	Techniques utilisées.
Quantité/unité de temps	kg / jour	Un pesage de l'ensemble de moyens de collecte (des camions, bennes tasseuses et des tracteurs à remorque) des ordures ménagères.
Composition physique de déchets /unité de temps	kg / jour	Séparation mécanique et/ ou tri manuel.

actualisés relatifs à la quantité et à la composition physique journalière ou hebdomadaire voir saisonnière des déchets solides. Ces résultats peuvent être regroupés dans le tableau n° IV-3. Généralement, ils sont présentés sous forme de données exprimées en kg/jour et pour plus de détails, on y adjoint le rapport au nombre d'habitants de l'agglomération.

#### IV-8-1-2/ Composition des déchets ménagers du centre ville de Chlef dans la décharge

Il est tout à fait évident que la valorisation des déchets exige impérativement la connaissance préalable de sa composition physique. L'étude de la faisabilité technique et l'analyse de la rentabilité économique de procédés dépendent intrinsèquement de l'exactitude des données relative à la composition car le dimensionnement des différents appareils se trouve affecté par le flux de matière à traiter et de sa composition. Outre ce paramètre, elles doivent être actualisées à des intervalles réguliers de temps, soit tous les dix ans.

En effet, les quantités de déchets ménagers produites et ses caractéristiques sont influencées par :

- Caractère de l'agglomération: Zones urbaines, rurale ou industrielle.

- Facteurs climatiques: En fonction des saisons, la composition est affectée par les produits saisonniers consommés par la population.

- Aspects sociologiques : Ils se rapportent au niveau de vie de la population qui est perceptible par la quantité fermentescible d'une part et par l'emballage de produits alimentaires conditionnés (verre, plastique) d'autre part.

Il y a lieu de constater une grande hétérogénéité de la composition de déchets solides urbains de la zone où notre étude a été menée, ce qui impose de prévoir la définition de la composition afin de regrouper les constituants en catégories présentant une certaine homogénéité. Cette approche prévue par la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 fixant les modalités de gestion, de contrôle et de traitement des déchets notamment les articles n° 2,3 et 34, a été adoptée. En effet, et pour demeurer conforme aux dispositions de la loi, nous avons classé les déchets ménagers solides du centre ville de Chlef en fonction des catégories suivantes :

1- Matière organique fermentescible.

2- Papiers et cartons.

3- Matières plastiques.

4- Verre.

5- Métaux.

6-Textiles.

7-Divers.

Pour identifier chaque catégorie, on a été amené à faire un tri manuel pour l'entreposer enfin dans des sacs de plastiques pour être pesés par une bascule.

#### **IV-8-1-3/ Résultats quantitatifs du tri**

En règle générale, la quantité d'ordures ménagères produite par une collectivité est variable et elle dépend de plusieurs facteurs d'ordre saisonnier, de son développement social dans le temps. En outre, elle est essentiellement fonction de :

- Niveau de vie : Elle croit dans des proportions importantes.

- Période de l'année : Elle est minimale pendant les périodes de vacances et fin de semaines, alors qu'elle est assez riche en produits fermentescibles (organiques), lors de la récolte de culture maraîchère.

- Mode de vie des habitants : La collecte diurne des ordures est largement influencée par le flux de déplacements quotidiens de la population entre la ville et les agglomérations avoisinantes.

- L'intensité de froid : On récupère davantage de cendres dans le cas où les moyens de chauffage sont relativement anciens lesquels sont basés sur l'utilisation du charbon et du bois. Indépendamment de tous ces facteurs, les quantités d'ordures sont exprimées en poids ou en volume. Toutefois, compte tenu des nouvelles méthodes de collecte basées sur la compression des ordures, seul le poids constitue une mesure précise du tonnage. Dans notre étude, on considèrera également la production par habitant laquelle est une donnée fort utile : Cette dernière est le quotient du tonnage total collecté par le nombre d'habitants desservis par unité de temps (jour ou an). Les données statistiques de la commune de Chlef nous ont permis d'établir les renseignements suivants :

- Nombre d'habitants du centre ville de Chlef : 7540 habitants.
- Quantité de déchets du centre ville de Chlef par jour : 5640 kg
- Quantité de déchets du centre ville de Chlef par an : 2,0586 10<sup>6</sup> kg

La valeur moyenne de ce coefficient est :

- 0,7 kg/hab/jour ;
- 273 kg/hab/an.

#### IV-8-1-4/Variations hebdomadaires du tonnage

Le tonnage de déchets collectés dans la ville de Chlef varie en fonction des jours de la semaine. Cette constatation relative à la variation hebdomadaire des quantités triées et pesées au niveau de la décharge de Meknassa pendant les mois de mars, avril et mai est présentée dans les tableaux n° IV 4, 5, 6 et 7. Par ailleurs, les résultats de pesages quotidiens sont regroupés en détail dans les tableaux 1, 2, 3, et 4 en annexe III.

**Tableau IV-4 :** Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois de mars 2005.

Déchets Semaine	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S1	2710	1520	3955	213	58	113	4891
S2	2930	1475	4000	130	90	92	4693
S3	2376	1819	3930	182	242	119	2705
S4	1242	602	1320	60	08	48	2000

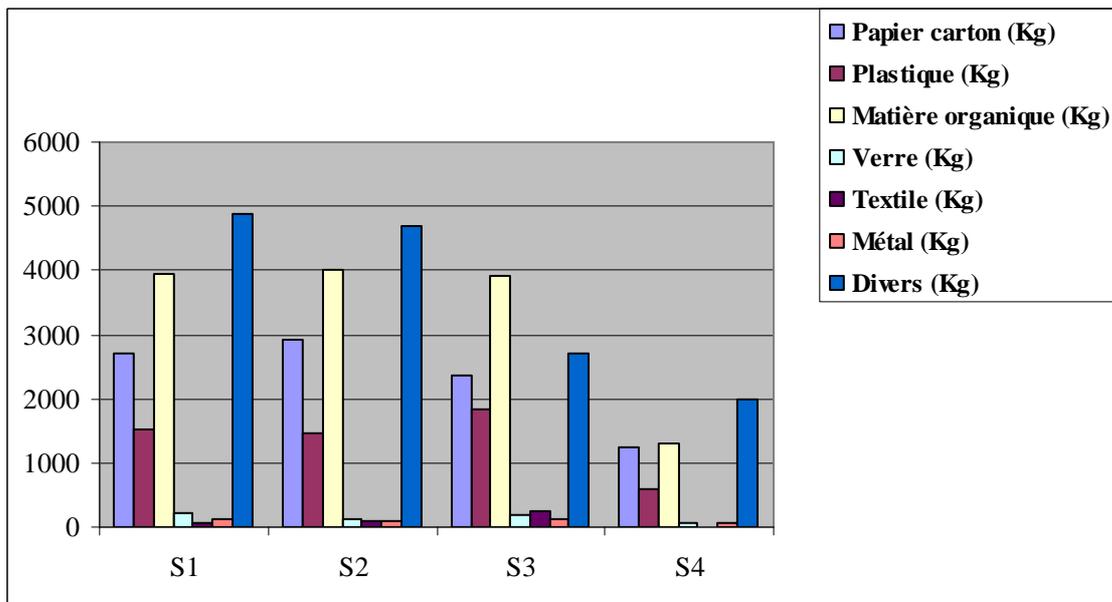
**Tableau IV-5 :** Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois d'avril 2005.

Déchets Semaine	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S1	1245	567	6756	171	45	139	2121
S2	1205	662	4084	114	32	69	7367
S3	1438	899	5312	61	39	56	3115
S4	1868	1095	5525	90	27	84	2323

**Tableau IV-6 :** Quantités d'ordures ménagères – Variations durant le mois de mai 2005

Déchets Semaine	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S1	1456	739	4897	39	28	38	1257
S2	2155	1108	4931	46	50	37	2612
S3	1406	783	5591	60	13	41	3036
S4	1288	895	3122	61	16	22	3564

Pour une analyse de la variation de quantités de déchets en fonction de sa nature durant chaque mois, on a jugé utile de représenter les données, figurant dans les tableaux ci-dessus, sous forme d'histogrammes, lesquels font l'objet des figures IV. 4, 5 et 6.

**Figure IV-4 :** Variations quantitative et qualitative des ordures durant le mois de mars 2005.

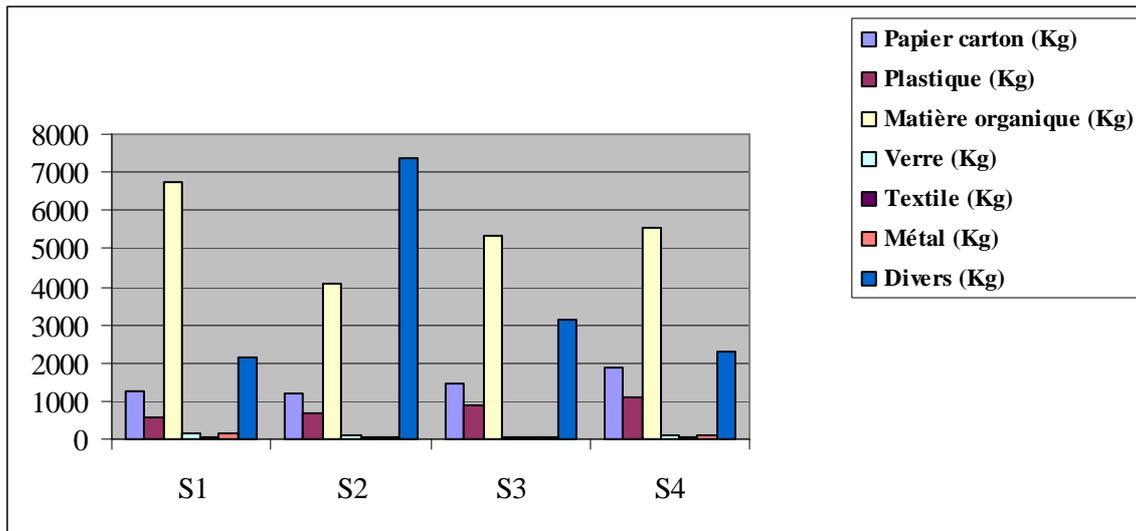


Figure IV-5 : Variations quantitative et qualitative durant le mois d’avril 2005.

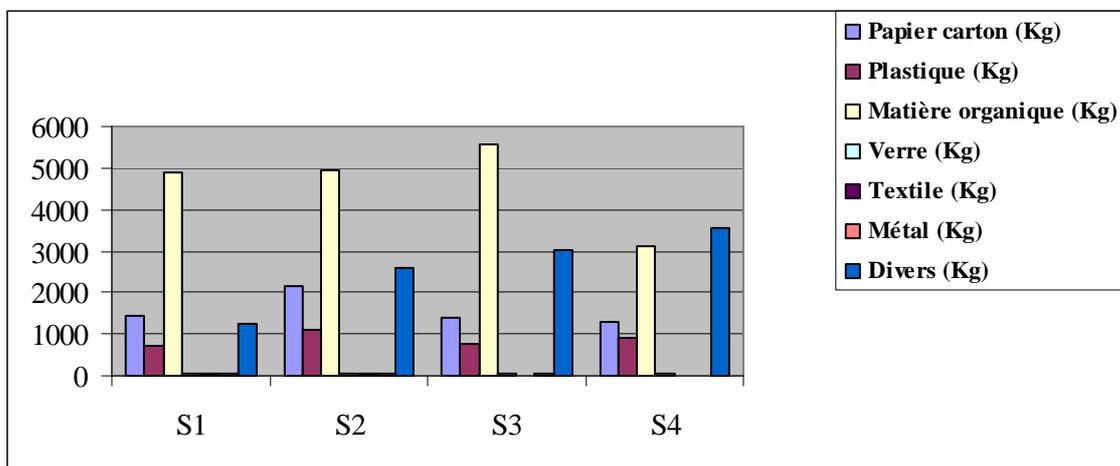
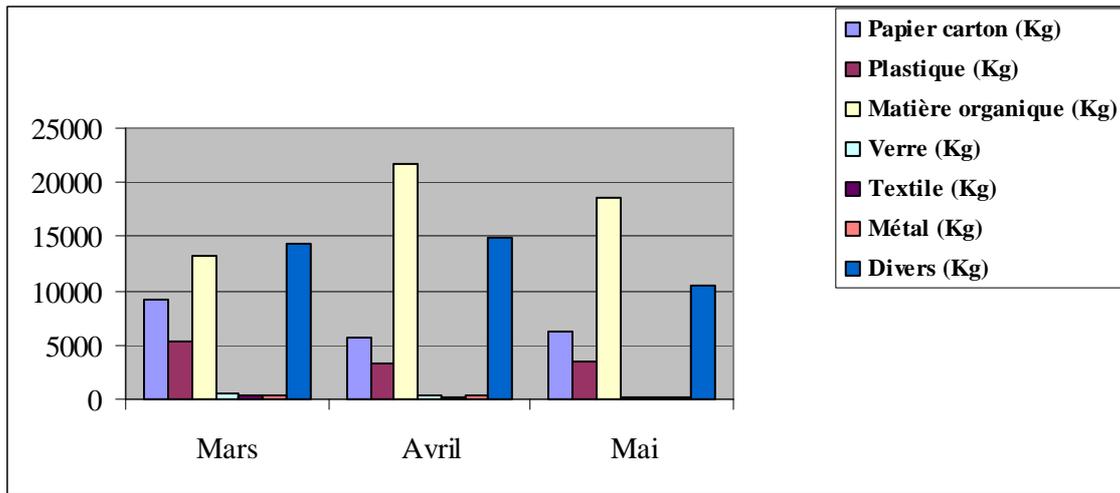


Figure IV-6 : Variations quantitative et qualitative des ordures durant le mois de mai 2005.

Il y a lieu de noter que les fluctuations dans le tonnage sont liées à la fréquence de collecte (jours chargés) d’une part et au mode de vie de la population de la ville de Chlef durant cette période de l’année. Pour se référer aux quantités d’ordures ménagères déchargées mensuellement, il nous a semblé plus instructif de rassembler les résultats dans le tableau récapitulatif IV-7.

Tableau récapitulatif IV-7 : Quantités d’ordures ménagères – Variations mensuelles des ordures ménagères durant les mois de mars, avril et mai 2005.

Déchets Mois	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
Mars	9258	5416	13205	531	398	372	14289
Avril	5756	3223	21677	436	143	348	14926
Mai	6305	3525	18541	206	107	138	10469



**Figure IV-7 :** Variations mensuelles quantitative et qualitative des ordures durant les mois de mars, avril et mai 2005.

Le pourcentage par catégorie des déchets ménagers solides du centre ville de Chlef triés dans la décharge de « Meknassa » (Tableau IV-8).

**Tableau IV-8 :** Le pourcentage des déchets ménagers par catégorie.

Déchets / Mois	Papier carton %	Plastique %	Matière organique %	Verre %	Textile %	Métal %	Divers %
Mars	21	12	30	1	0.9	0.8	32
Avril	12	7	47	0.9	0.3	0.7	32
Mai	16	9	47	0.5	0.2	0.4	26

**IV-8-2/ Analyse des résultats**

La caractérisation physique des déchets a pour objectif principal l'évaluation des risques de pollution sur l'environnement d'une part, et le choix de la filière adaptée à la valorisation d'autre part. Naturellement, les résultats d'analyses vont dépendre de l'aspect représentatif du déchet. De toutes les manières, la connaissance de la composition du déchet permet de mesurer les risques de percolation à travers le sol (lixiviation), lors de la solubilisation par l'eau pluviale de substances, souvent chimiques, hautement toxiques que contient le déchet. Il semble superflu de faire appel à des techniques d'échantillonnage sophistiquées si le prélèvement et le transport ne sont effectués correctement. Il a été très incommode de procéder à l'échantillonnage dans des conditions où les risques étaient omniprésents car on a travaillé à l'air libre après décharge du véhicule de collecte en utilisant des méthodes empiriques basées sur le tri manuel des différents constituants solides du déchet.

Dans ce cadre, les résultats de pesage obtenus sont présentés aussi bien sous forme de tableau que d'histogrammes nous ont permis de suivre l'évolution, dans le temps, des quantités d'ordures ménagères par nature spécifique de produit, durant la période de trois mois. Cependant, il nous a été quasi impossible d'estimer le coût inhérent à l'opération de collecte et de transport du kilogramme de déchet pour la collectivité locale (municipalité de Chlef). Il va de soi que ce facteur est assez important et qui entre en ligne de compte pour toute opération de valorisation.

#### **IV-8-2-1/ Papier carton**

Les histogrammes, présentant la variation du tonnage du papier carton durant les trois mois, montrent qu'il n'y a pas d'évolution sensible et ce compte tenu du fait que la provenance (source) potentielle de ce matériau est lié particulièrement à l'activité industrielle, commerciale ou administrative. La contribution du circuit ménager, à proprement parler, demeure quasiment faible. Cette constatation explique l'attitude des résidents de l'agglomération de Chlef qui fait d'elle une population peu avide de lecture, et qu'elle ne s'occupe de ses composantes sociales (écoliers, lycéens et universitaires). Par ailleurs, il y a lieu de procéder à son tri sélectif par l'utilisateur pour les mettre dans des sacs à déchets afin de les recycler après collecte par les entreprises spécialisées.

#### **IV-8-2-2/ Plastique**

En analysant les histogrammes, on relève des taux relativement appréciables de matières plastiques dont les origines sont diverses (bouteilles d'eau minérale et de boissons gazeuses, pots de yaourts, sachets, etc.....). Ce taux s'élève en moyenne à 09%. Souvent, le plastique est présenté comme un produit d'emballage de meilleure qualité. Il occupe, par ordre d'importance, la troisième place dans les ordures ménagères après la matière organique et le papier carton.

Quantitativement, la variation du tonnage de plastique durant la période de notre étude est quasi nulle. En effet, elle demeure constante dans le temps.

Etant d'une longue durée de vie et assez bon résistant à la corrosion compte tenu de sa forte teneur en chlore, son utilisation a connu un grand essor. Incinéré, le plastique dégage des substances chlorées responsables de l'apparition de dioxines toxiques.

De ce fait, son recyclage constitue la solution la plus adéquate et la plus avantageuse du point de vue écologique et économique.

#### **IV-8-2-3/ Matières organiques**

L'étude de la composition des ordures ménagères au niveau de la décharge a mis en évidence le caractère prédominant de la matière organique (fermentescible) pour s'élever, en

moyenne, à un taux de l'ordre de 40%. Il y a lieu de mentionner que, conformément à la loi n°01-19 du 12 décembre 2001, notamment l'article n°34, la mise en décharge de matière organique est interdite. En vue de réduire le volume de déchets à enfouir, une solution est préconisée en exploitant la teneur des ordures ménagères en matières organiques par la mise en place de procédés de traitement tels que le compostage, la thermolyse et/ou la bio-méthanisation.

En effet, l'analyse du rapport matières organiques/azote permet l'étude de la maturité du compost ( $\approx 60\%$ ) pour enfin procéder à son traitement (broyage, etc....).

En outre, le taux élevé de matière organique obtenu dévoile le caractère urbain voire semi urbain de l'agglomération de Chlef ainsi que le mode de vie de ses habitants.

#### **IV-8-2-4/ Verre**

Explicitement, les résultats, relatifs au pesage de quantité de verre de différents usages (bouteilles de boisson gazeuse, débris de verre, etc.....) ont montré qu'elle s'élève en moyenne à 0,8%. Ce pourcentage, étant relativement faible, peut constituer une économie assez considérable aussi bien en sources naturelles qu'en économie d'énergie. Cette approche mérite d'être prise en considération en prenant l'intérêt de la séparation des déchets depuis la source selon spécificité. Davantage, il y a lieu de mentionner que le verre est le seul matériau recyclable indéfiniment sans qu'il perde ses qualités intrinsèques. En effet, sa mise anarchique en décharge est une grande perte en sources naturelles qu'il faut préserver.

#### **IV-8-2-5/ Textiles**

Les déchets de cette catégorie regroupent les vêtements, les chaussures usagés et les chutes de tissu. Leur contribution au tonnage global est très réduite, laquelle s'élève à un pourcentage moyen de l'ordre de 0,5%.

Leur problème est similaire aux déchets de verre. Il va de soi que la bonne gestion de ce déchet doit être faite en le collectant par la méthode dite de point d'apport qui est facilitée par la mise à la disposition de la population, dans les lieux publics, de conteneurs pour le trier dans l'intention de le valoriser comme :

- Vêtement d'occasion
- Chiffon d'essuyage de maison.

#### **IV-8-2-6/ Métaux**

A la lumière de nos résultats de tri, nous remarquons la présence de métaux ferreux (objets métalliques, pièces mécaniques et tôles pour véhicules hors d'usage), et des métaux ferreux qui comprennent l'aluminium, le cuivre, le nickel, le plomb et du zinc.

En toute rigueur, on doit mentionner la présence de piles électriques ; des éléments de batteries qui renferment du plomb, du mercure, etc..... Notre étude a mis en évidence le faible pourcentage en métaux qui est d'une moyenne qui ne saurait dépasser 0,6%.

L'impact des métaux réside dans leur oxydation dans les milieux acides ou alcalins environnants pour les entraîner, enfin, à l'état solubilisé vers les nappes souterraines. Pour s'en assurer, l'analyse de la composition chimique du lixiviat apporterait la preuve irréfutable de la pollution de l'eau lors de la percolation.

Dans le but d'éviter de telles conséquences, souvent très coûteux, un tri par catégorie de métaux à la source est une nécessité incontournable. Par ailleurs, pour optimiser le recyclage, il est indispensable de limiter la composition du mélange de différents métaux à un minimum de constituants pour les renvoyer aux unités de sidérurgie et aux unités de fonderies.

#### **IV-8-2-7/ Divers**

Les déchets de ce genre regroupent tout type d'ordure citée ci-dessous, papier carton, matière organique, plastique, verre, textile, métaux et aussi des piles, médicaments périmés. Un tri par catégorie est impossible, vu l'état dans lequel sont mélangés ces déchets. Leur contribution au tonnage est très éminente, il est de l'ordre de 30%. Cette grande valeur de pourcentage, montre bien d'une part l'intérêt de la séparation des déchets depuis la source et d'autre part l'existence de différents bacs pour chaque type de déchets dans les quartiers.

#### **IV-9/ Conclusion**

Certaines conclusions se dégagent est que la matière organique représente à elle seule un pourcentage très élevé (40%) en moyenne. Un tel résultat semble confirmer, dans des conditions bien précises, que les déchets ménagers se prêtent beaucoup mieux à un compostage pour amender les sols arables à faible rendement. Néanmoins, dans un premier plan, il y a lieu d'analyser sa teneur en eau, en carbone et en azote.

En effet, lors de la fermentation des ordures (matière organique) s'accompagne de la baisse du taux matière organique/azote organique et le compost obtenu doit répondre à

certaines exigences (granulométrie, état de maturité, composition chimique) en fonction des destinations possibles (agriculture, reconstitution du sol, etc.....).

# Chapitre V

Caractérisation physico-chimique  
du lixiviat issu de la décharge.

### V-1/ Analyse du lixiviat de la décharge

Dans la région de la wilaya de Chlef, l'enfouissement des déchets ménagers a été adopté comme technique de gestion de déchets ménagers au détriment d'autres procédés (incinération, recyclage, compostage, etc.....), sans pour autant accorder une étude préalable et approfondie sur l'évaluation du cycle de vie des déchets. Ce dernier est d'une grande importance car elle permet de caractériser les gaz et les classes de déchets suivant leur impact sur l'environnement ainsi que leur évolution dans le temps en fonction des paramètres climatiques. Pour ce faire, on tient compte des caractéristiques principales suivantes: [48]

- Potentiel de réchauffement de la planète (Global) (PRP)
- Potentiel d'acidification (PA)
- Potentiel d'eutrophisation ou dégradation biologique (PE)
- Emission de NO<sub>x</sub>
- Métaux lourds.

Si l'analyse du PRP relève des problèmes de la pollution atmosphérique, l'étude de la composition des effluents de décharge obtenus par lixiviation des déchets permet d'une part de donner des renseignements relatifs aux produits solubilisables qui entrent dans la composition des déchets solides et d'autre part de prévenir toute pollution de sol, des nappes phréatiques et de l'eau de ruissellement par les métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cr, Cd, As et Hg), compte tenu de leur toxicité élevée. A ces métaux existant à l'état complexe dans les eaux, il y a lieu d'y ajouter les métaux issus des unités de raffinage, véhicules de transport [13]. Pour mettre en évidence la présence de tels métaux, nous avons effectué des prélèvements d'échantillons de lixiviats issus de la décharge. Afin de s'assurer de la conservation des échantillons et dans le but d'éviter toute réaction avec d'autres constituants chimiques, les quantités prélevées sont mises en bouteilles de verre stérilisées. Il y a lieu de noter que compte tenu de la position du bassin de collecte du lixiviat de la décharge, des quantités importantes se sont accumulées dans les alentours pour dégager des odeurs nauséabondes tout en favorisant la pullulation de moustiques, d'insectes etc.....

En suivant les protocoles expérimentaux présentés en annexe I, nous avons pu analyser le lixiviat produit par percolation dans les déchets de la décharge en déterminant ses caractéristiques physiques et chimiques au niveau du laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE) de Chlef, département de Génie des Procédés de l'université de Blida et au niveau du centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimiques (CRAPC) à l'université de Bab Ezzouar. Les résultats obtenus font l'objet des tableaux V-1, a, b, c, d, e.

**Tableau V-1, a** : Paramètres organoleptiques.

Paramètres organoleptiques.	Unité	Dates des prélèvements.		Concentration maximale admissible (OMS).
		07/04/2005	10/05/2005	
Couleur	Pt/Co	8965	7015	$\leq 15$ mg/l échelle Pt/Co
Odeur		Désagréable	Désagréable	L'OMS recommande que l'eau ne soit pas considérée comme inacceptable par 90% des consommateurs

**Tableau V-1, b** : Paramètres physico-chimiques.

Paramètres physico-chimiques.	Unité	Dates des prélèvements		Concentration maximale admissible (OMS).
		07/04/2005	10/05/2005	
Température	°C	19	25	$\leq 25^{\circ}\text{C}$
PH		8,12	08,40	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$	27005	27820	$\leq 2000 \mu\text{S/cm}$ à $23^{\circ}\text{C}$
Turbidité	U N	8265	9750	
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	0,82 / 4,15%	0,28 / 3,4%	
Salinité	%	18,7	19,10	
Matières en suspension (MES)	mg/l	2230	2480	
Résidus secs (105°C)	mg/l	2008,50	21901,50	$\leq 1500$ mg/l après dessiccation à $180^{\circ}\text{C}$
CO <sub>2</sub> libre dissous	°f	09	07,85	
Matières décantables		Faible décantation	Faible décantation	
Taux des sels dissous	mg/l	11080	12312,89	

**TableauV-1, c : Paramètres de pollution.**

Paramètres de pollution.	Unité	Dates des prélèvements		Concentration maximale admissible (OMS).
		07/04/2005	10/05/2005	
Ammonium [NH <sup>4+</sup> ]	mg/l	08	10,95	≤ 0,5 mg/l
Matière organique.	mg/l	150,6	165,82	
Nitrates [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	mg/l	336,167	298,75	≤ 50 mg/l
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	2200	2370	

**TableauV-1, d : Minéralisation globale.**

Minéralisation globale.	Unité	Dates des prélèvements		Concentration maximale admissible (OMS).
		07/04/2005	10/05/2005	
Ca <sup>+2</sup>	mg/l	6024	5786,4	≤ 200 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	19576	18836,5	≤ 50 mg/l
Chlorures (Cl <sup>-1</sup> )	mg/l	10650	11870	≤ 250 mg/l
Sulphates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	2550	3215,90	≤ 250 mg/l
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	1830	1940,16	
Carbonates (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	Des traces	Des traces	
Dureté totale (TH)	mg/l	25600	24622,9	≤ 500 mg/l
Titre alcalimétrique (TA)	°f	Des traces	Des traces	
Titre alcalin complet (TAC)	°f	150	118,80	

**N.B :** Degré français (°f) correspond à une concentration de 1/5 milliéquivalent par litre.

**TableauV-1, e : Paramètres indésirables ou toxiques.**

Paramètres indésirables ou toxiques.	Unité	Dates des prélèvements.		Concentration maximale admissible (OMS).
		07/04/2005	10/05/2005	
Fer ( Fe <sup>2+</sup> )	mg/l	17,5	18,10	≤ 200 µg/l
Fe (Fer)	mg/l	25 ,63	32,10	≤ 200 µg/l
Cu (Cuivre)	mg/l	0,82	0,87	≤ 1 mg/l
Pb (Plomb)	mg/l	1,14	0,571	≤ 0,05 mg/l
Ni (Nickel)	mg/l	1,22	0,524	≤ 50 µg/l

## V-2/ Interprétation des résultats de l'analyse

Les résultats obtenus par l'analyse des échantillons de lixiviat prélevés à deux dates différentes espacées d'une période d'un mois permettent de caractériser sa composition pour

juger enfin de la toxicité une fois infiltré à travers le sol constituant le casier du site de la décharge.

### **V-2-1/ Paramètres organoleptiques**

L'odeur due à la présence simultanée dans l'eau de plusieurs produits peut être plus intense que la somme des odeurs dues à chaque constituant. Dans notre cas et vu la diversité des déchets dans la décharge, l'odeur désagréable provient de matières chimiques et de matières organiques en décomposition. On peut remarquer que :

-Le lixiviat est d'une couleur brune presque noirâtre ; ceci est dû à la valeur élevée de la turbidité qui est d'une moyenne de 9007,5 N.U.T et à la présence des matières organiques solubles ainsi que d'autres espèces inorganiques (fer, manganèse). En effet, le fer peut s'associer avec le soufre pour donner le sulfure de fer qui a un pouvoir colorant élevé.

### **V-2-2/ Paramètres physico-chimiques**

Dans un premier constat, on doit faire remarquer une légère variation de la température, laquelle a un impact direct sur l'activité microbienne tout en favorisant la dissociation d'espèces (complexes) présentes dans le lixiviat. Cependant, cette augmentation de température contribue à l'élévation de la tension de vapeur de l'eau dont la conséquence immédiate est la vaporisation partielle du solvant dont le flux est donné par la loi de Fick. Comme, résultat de ce dernier, on note la réduction considérable de gaz dissous avec l'opacification relative de l'échantillon dans de telles conditions. Une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes et active les réactions chimiques et biochimiques. Mais dans un environnement aérobie, toutes ces réactions consomment de l'oxygène ; si leur importance augmente, la teneur en oxygène dissous diminue et peut alors apparaître de l'hydrogène sulfuré, du méthane, des chaînes partiellement oxydées, avec comme conséquence des odeurs et des goûts désagréables. Hormis ce paramètre, les analyses chimiques ont révélé que le pH a une valeur moyenne de 8,26 pour ainsi affirmer que le lixiviat est alcalin (base faible) et que la force ionique est maximale pour une eau naturelle.

En effet, le milieu alcalin favorise la précipitation de certains ions métalliques ainsi que d'autres sels (carbonates de calcium avec diminution du titre alcalimétrique et hydrométrique). La faible alcalinité est la preuve de la présence d'ions d'hydroxydes, carbonates et de bicarbonates dont la concentration est exprimée par le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

-La conductivité électrique est une mesure de la minéralisation globale de la solution conformément à la relation :

$$\text{Minéralisation (mg/l)} = \sigma \text{ (S /cm)} * 688000. \dots\dots\dots (\text{V.1})$$

La conductivité électrique du lixiviat a une valeur moyenne de 27412,5  $\mu\text{S/cm}$  pour ainsi excéder de loin les normes de potabilité de l'eau, recommandées par les normes de potabilités recommandée (OMS). Ce résultat est vingt sept fois (27) plus grand que les normes, ce qui détermine la présence d'une minéralisation excessive dans les lixiviats et un taux élevé en sels dissous. Une conductivité électrique d'une eau supérieure à 1500  $\mu\text{S/cm}$  laisse la considérer comme une eau difficilement utilisable dans les zones irriguées. La turbidité est d'une valeur moyenne élevée, ce qui se traduit par une faible décantation et une valeur élevée de la matière en suspension où de substances finement divisées qui empêchent la pénétration de la lumière et provoquent une mauvaise aération des lixiviats produits. Et par conséquent un entraînement des goûts et des odeurs désagréables.

-De toute évidence et d'après l'analyse présentée ci-dessous, on note une activation des phénomènes de développement de microorganismes par l'augmentation de la température. La présence de tels microorganismes, associée à une forte concentration en matières en suspension, réduit l'aération correcte du lixiviat produit tout en lui conférant une odeur désagréable avec turbidité élevée. Ce résultat est corroboré par la faible vitesse de décantation. En toute rigueur, cette dernière est indécélable après l'écoulement d'une durée raisonnable.

### V-2-3/ Paramètres de pollution

Les matières organiques que renferme le lixiviat sont les produits de la décomposition d'origine animale et/ou végétale sous l'influence des enzymes dus à l'activité des microorganismes par fermentation. En effet, ces produits de composition très complexe, sont responsables de l'apparition de mauvais goût qui pourrait être exacerbée par le traitement par chloration. En effet, le chlore est un réactif, de choix, pour l'élimination de l'azote ammoniacal en l'oxydant pour former dans un premier temps de la chloramine.





Selon la classification de Rodier [90], une eau est mauvaise lorsque sa teneur en matières organiques est supérieure à 4,5 mg/l. La pollution de l'eau par les nitrates revêt un caractère particulier. En effet, ses origines sont très diverses et son augmentation a pour conséquence la contribution aux phénomènes d'eutrophisation lesquels occasionnent une dégradation des ressources en eau (superficielles et souterraines). La présence de l'azote, sous ses différentes formes polluantes ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$ ) a été mise en évidence dans le lixiviat. Leurs teneurs respectives moyennes sont 9,5 mg/l et 317,5 mg/l, sont des indices révélateurs de leur forte mobilité pour être entraînés vers les nappes, car elles dépassent de loin les concentrations maximales admissibles (CMA) de l'OMS.

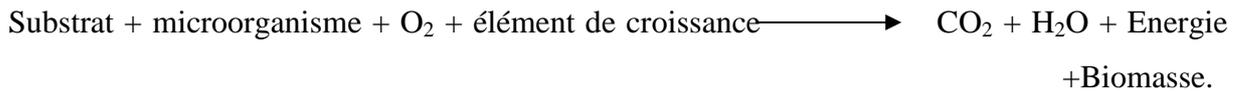
La présence de la forme ionisée de l'azote ( $\text{NH}_4^+$ ) se traduit habituellement par le processus de dégradation incomplète de la matière organique. En général, l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrates par oxydation ; la mise en évidence de teneurs importantes en azote ammoniacal, dans le lixiviat, implique généralement une contamination récente par les matières organiques en décomposition. Toute forme d'azote (azote organique, ammoniaque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Bien que les nitrates n'aient pas d'effets toxiques directs, mais le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduit à une toxicité indirecte.

Les résultats d'analyses des nitrates et d'azote ammoniacal accordent des valeurs très élevées par rapport aux normes de l'OMS. Ces teneurs élevées sont forcément issues de résidus nitrates, rejetés initialement comme déchets. Vu leurs mobilités et l'existence des forages dans notre zone d'étude, ils peuvent être entraînés vers la nappe et atteindre le réseau de distribution de l'eau potable. Aux Etats Unis d'Amérique et en Europe, il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour la préparation des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine. Cette intoxication, provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates, est en réalité due aux nitrites formés par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. Cette réduction ne se produit pas chez l'adulte car elle est contrôlée par l'acidité du suc gastrique. Par contre, dans l'estomac du nourrisson, le liquide gastrique insuffisamment

acide, surtout chez les sujets diarrhéiques, permet la prolifération de bactéries réductrices de nitrates en nitrites.

-La demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ) exprime la consommation potentielle d'oxygène des principaux polluants (MES, microorganismes aérobies) d'un milieu récepteur conformément au schéma réactionnel suivant :



On remarque que l'analyse de l'évolution de la teneur en oxygène nécessaire au métabolisme de substrat est une mesure de la dégradation de ce dernier. La température est un paramètre activant la cinétique de cette réaction. Souvent, on introduit le rapport  $DCO/DBO_5$ , comme paramètre pour la définition de la chaîne d'épuration. Si ce rapport est faible, il implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables d'où un traitement biologique est une étape prioritaire. La valeur très élevée de  $DBO_5$  obtenue (2285 mg/l) reflète la quantité importante de matières organiques contenues dans les déchets solides.

#### V-2-4/ Minéralisation globale

La pollution minérale est indiquée par les paramètres tels que, dureté totale (TH),  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , salinité qui ont tous des valeurs qui dépassent les normes de l'OMS. Ce qui explique la libération des éléments minéraux par les ordures ménagères au niveau de la décharge. Si la concentration en calcium dépasse 500mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , ce dernier présente de sérieux inconvénients pour les usages domestiques. Dans nos résultats, sa teneur est très élevée et puisque le calcium est métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates, et vu la nature géologique de notre zone qui est le tuf. Toutes ces hypothèses se traduisent par un sérieux problème vis-à-vis de la nappe.

- Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, élément indispensable pour la croissance de l'organisme de l'être vivant car il intervient comme élément plastique dans la composition de l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux. A partir d'une concentration de 100 mg/l, le magnésium donne un goût désagréable.

- La valeur moyenne des chlorures est élevée (11260 mg/l). Cette valeur est certainement due aux rejets des chlorures de sodium. Les ions  $\text{Cl}^-$  peuvent réagir avec les ions

des métaux lourds pour donner des ions composés très mobiles ( $\text{PbCl}^+$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CaCl}^+$ ) qui sont entraînés vers le sol. La présence abusive de chlorures dans le lixiviat présente un effet nocif pour les plantes et cette forte proportion des chlorures est un indice de pollution.

-Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ . Dans nos analyses, la valeur de TAC correspond à la valeur des bicarbonates et quelques traces des carbonates avec les  $\text{OH}^-$  négligeables (TA= des traces et le milieu acide), parce que le TA permet de connaître la teneur en hydroxyde, la moitié de la teneur en carbonates.

#### **V-2-5/ Paramètres indésirables ou toxiques**

- Très répandu, le fer se classe au 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Il ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais des teneurs très importantes sont considérées comme indésirables.

-Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés ; À l'air, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique. En métallurgie, il entre dans de nombreux alliages parmi lesquels le laiton (cuivre et zinc), le bronze (cuivre et étain), le maillechort (cuivre, nickel et zinc). L'intoxication par les sels métalliques se traduit par un syndrome digestif et hémolytique accompagné d'une tubulonéphrite. L'OMS fixe la dose limite à 1,0 mg/l.

- Le plomb est un constituant naturel mineur, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg. Les sols alcalins sont généralement riches en plomb. Il peut être présent sous forme de carbonates (cérusite), de phosphates (pyrophosphite), mais surtout de sulfure (galène). Ce sel, très peu soluble, peut cependant se transformer en hydroxyde ou en carbonate, après avoir été oxydé en sulfate. En l'absence de sulfures, la solubilité du Pb est fonction du pH. L'alcalinité dépasse 60mg/l en  $\text{HCO}_3^-$  avec un pH de 08, la concentration en Pb dissous ne dépassera pas 10  $\mu\text{g/l}$ . Dans notre cas les teneurs en Pb sont élevées et dépassent même les normes fixées par l'OMS. Ceci s'interprète par une très faible quantité solubilisée ; alors que l'autre quantité se trouve fixée sur les matières en suspension. Dans la décharge, le Pb peut provenir des poteries artisanales mal vernissées, des boîtes de conserves soudées en plomb et de l'atmosphère qui contient du Pb provenant des moteurs à explosion des véhicules. Le Pb a une action toxique et l'intoxication plombique se traduit par des troubles cliniques, des anomalies biologiques et des altérations histopathologiques variées.

Elle est influencée principalement par l'action du Pb comme inhibiteur enzymatique, notamment au niveau de l'adényclase dans le cerveau et le pancréas. Chez l'adulte, le passage du Pb ionisé au travers de l'épithélium entéral est limité par la présence d'ions de calcium. Chez l'enfant, cette absorption entérale est 10 à 20 fois plus active, d'où une intoxication plus sévère. Les femmes enceintes, les fœtus, les nouveau-nés, les enfants, les individus porteurs d'une affection impliquant un accroissement de l'apport hydrique ou un traitement par dialyse sont probablement les groupes les plus vulnérables ou les plus sensibles à l'action toxique du Pb. Le Pb étant susceptible de s'accumuler dans l'organisme, le danger n'est donc pas seulement lié à l'absorption d'une dose toxique, mais à une accumulation de doses considérées séparément comme non toxique. Le Pb se fixe en particulier sur le squelette (90% chez l'adulte), où il est en étroite dépendance avec le métabolisme calcique ; il existe cependant une élimination biologique (fèces, urines). L'OMS fixe pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire un niveau guide de 0,05 mg/l, et pour les eaux destinées à la consommation humaine, une concentration maximale admissible de 0,05mg/l.

-Le nickel (Ni) rentre dans des nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de résistance à la corrosion. D'une façon générale, les sols riches en silice ont une teneur en Ni moins élevée que les sols pauvres en silice ; les terres cultivables ont des teneurs variant de 0,003 à 1%. Associé au cadmium, il entre dans la fabrication d'éléments de batteries. Il est cependant difficile de séparer l'action du nickel de celle d'éléments associés comme l'arsenic et le chrome. L'analyse des échantillons a permis de mettre en évidence la présence de Ni en fortes concentrations avec une valeur moyenne égale à 0,872 mg/l. Le Ni peut provenir dans la décharge des déchets organiques vu sa présence dans des aliments, des organes de cuisine et des conserves, etc. La quantité ingérée avec l'eau est estimée entre 10 et 20 µg/j. Le Ni et ses sels sauf le nickel carbonyle sont relativement peu toxiques par voie digestive ; de ce fait, le nickel d'origine alimentaire et en faible quantité ne pose pas de problème pour la santé publique. Compte tenu de ce qui a été développé ci-dessus et de la grande quantité de nickel dans le lixiviat, cette teneur peut causer des problèmes d'hygiène publique.

### **V-3/ Analyse de la texture du sol de la décharge**

Dans un premier plan, l'analyse de la composition chimique n'est pas le seul paramètre pour étudier l'influence des constituants du lixiviat sur la pollution. Ils peuvent jouer un rôle aggravant. Cependant, pour faire une investigation sur la limitation de l'impact polluant des produits solubles dans l'eau, nous avons analysé la texture du sol en utilisant les techniques de

carottage à différents niveaux du sol afin de déterminer leurs propriétés physiques (perméabilité) tout en se basant sur la loi de Darcy relative à l'écoulement dans les milieux poreux. Le calcul de la porosité du sol a été effectué en utilisant la méthode du pycnomètre.

### V-3-1/ Principe de détermination de la perméabilité

L'infiltration des fluides à travers des milieux poreux, à vitesses différentes, obéit à la loi de Darcy laquelle est exprimée par la relation suivante :

$$v = -K \cdot \frac{di}{dx} \quad \dots\dots\dots (V.2)$$

Où  $v$  est la vitesse superficielle de filtration,  $K$  est la perméabilité du milieu solide et  $\left(\frac{di}{dx}\right)$  est le gradient hydraulique. Pour des régimes laminaires, ( $Re < 1$ ), son expression est donnée par l'équation : [77]

$$K = \frac{d_p^2 \rho g}{18\mu} \cdot \left(\frac{n^2}{1-n}\right) \quad \dots\dots\dots (V.3)$$

avec  $n$  est la porosité du milieu et  $d_p$  le diamètre de particules constituant le milieu. En régime stationnaire d'un fluide incompressible, la vitesse d'écoulement est reliée au débit par l'équation de continuité (conservation de masse).

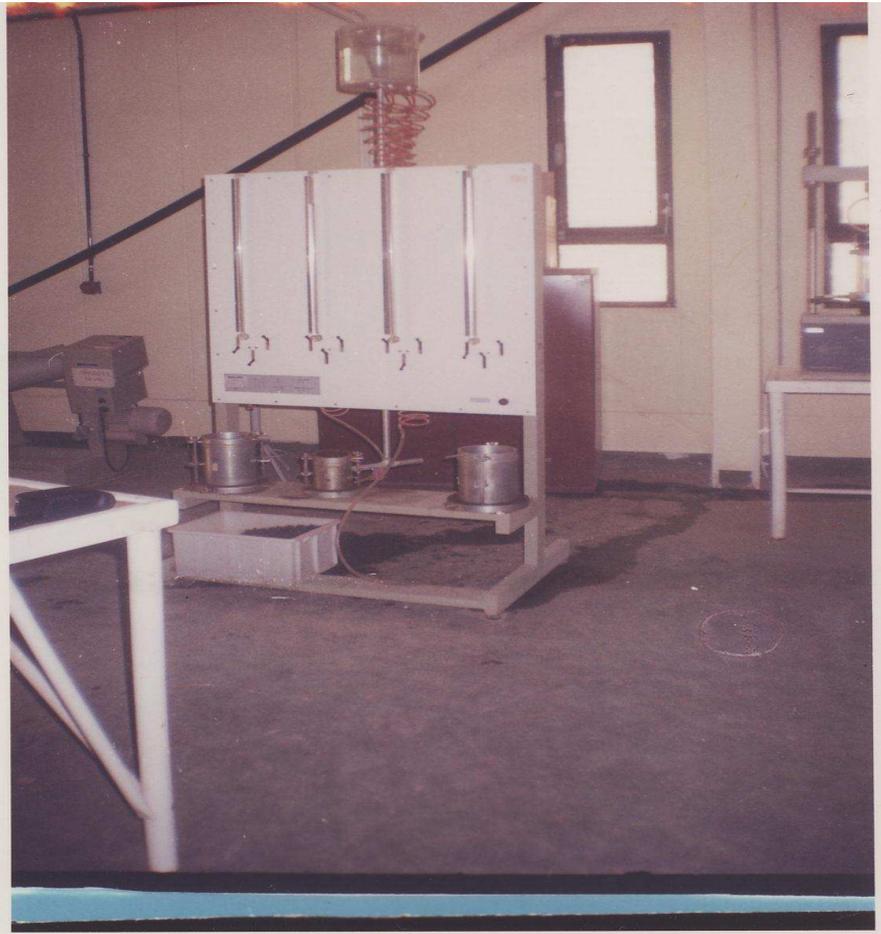
$$Q = A * v \quad \dots\dots\dots (V.4)$$

Pour un perméamètre à charge variable (figure IV-08),  $A$  représente l'aire de la section de l'échantillon (moule cylindrique) ; Pour mesurer la perméabilité, on doit préalablement ramener l'échantillon à la saturation en faisant couler de l'eau. A ce stade, le moule chargé totalement d'eau est relié à un tube gradué afin de pouvoir évaluer le débit d'eau écoulé.

Dans le cas d'un écoulement gravifique, le gradient hydraulique est exprimé en fonction de la perte de charge rapportée à l'unité de différence de hauteur  $dh$ . La quantité d'eau écoulée est  $q^* dt$  qui est égale à la diminution de volume dans le tube :  $-a * dh$ . D'où :

$$\frac{di}{dx} = \frac{h}{l} \quad \dots\dots\dots (V.5)$$

$$+adh = -\frac{A.h}{l}.K.dt \quad \dots\dots\dots (V.6)$$



**Figure V-1** : Schéma du perméamètre à charge variable.

Par intégration :

$$T = \int_0^T dt = -\frac{a.l}{A.K} . \ln \left( \frac{h_2}{h_1} \right) \dots\dots\dots (V.7)$$

$$K = \frac{a.l}{A.T} . \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right) \dots\dots\dots (V.8).$$

où  $l$  est la longueur de l'échantillon,  $T$  le temps nécessaire pour que le niveau de la surface libre de l'eau dans le tube passe de  $h_1$  à  $h_2$  et  $a$  la section du tube. Sur la base de cet appareillage, les résultats relatifs au coefficient de perméabilité du sol de décharge sont regroupés dans le tableau V-2.

**Tableau V-2 :** Résultats des analyses du coefficient de perméabilité du sol de la décharge de Meknassa.

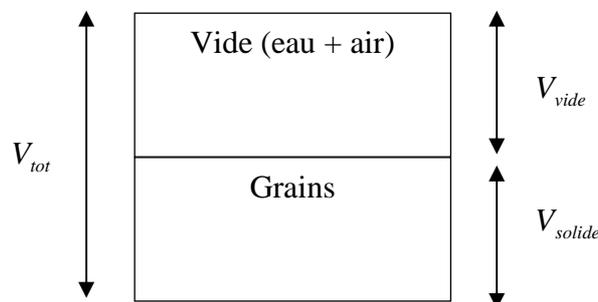
Profondeur (m).	$10^{-6} K$ (m/s)
0-1	1.05
1-2	0.94
2-3	3.98
3-4	4.7
4-5	8.35

### V-3-2/ Détermination de la porosité

Un milieu poreux est composé d'un substrat dont la matrice solide est caractérisée par la présence de vide de volumes aléatoires. En général, on caractérise l'espace interstitiel dans la matrice par le degré de vide ou porosité de sorte qu'on puisse écrire :

$$V_{tot} = V_{grain} + V_{vide} \dots\dots\dots (V.9)$$

où  $V_{tot}$  le volume total de la matrice solide,  $V_{grain}$  le volume propre occupé par les grains solides et  $V_{vide}$  le volume du vide. Schématiquement, on peut représenter le milieu poreux par la figure n° V-3.



**Figure V-2 :** Représentation schématique du milieu poreux.

On définit la porosité  $n$  par le rapport du volume du vide au volume total de la matrice solide. Ainsi on a :

$$n = \frac{V_{vide}}{V_{tot}} = \frac{V_{tot} - V_{grain}}{V_{tot}} = 1 - \frac{V_{grain}}{V_{tot}} \dots\dots\dots (V.10)$$

Soit  $m_s$  la masse des particules solides, constituant la matrice, et  $\rho_s$  la masse volumique effective du solide déterminée par la méthode du pycnomètre à eau. En utilisant la norme NF. P94-054 [78], le volume des grains est :

$$V_s = \frac{m_s}{\rho_s} \dots\dots\dots (V.11)$$

Par ailleurs, on introduit le concept d'indice de vide qui est défini par le rapport du volume du vide au volume effectif occupé par le solide, soit :

$$e = \frac{V_{vide}}{V_{grain}} \dots\dots\dots (V.12)$$

Pour déterminer la porosité  $n$ , il y a lieu de déduire l'indice de vide  $e$  et en combinant les relations (1) et (2), on obtient :

$$e = \frac{n}{(1+n)} \dots\dots\dots (V.13)$$

Dans un pycnomètre rempli de substrat solide sous forme granulaire, on ajoute de l'eau jusqu'à l'atteinte de la surface libre des particules solides. Ce volume d'eau, occupant l'espace interstitiel (inter granulaire) permet de mesurer la porosité de la matrice solide avec une précision suffisante, tout en supposant qu'il est faiblement mouillable. Les résultats relatifs à l'analyse des caractéristiques physiques du sol sont résumés dans le tableau n° V-11.

**Tableau V-3 :** Résultats de calculs de la porosité du sol de la décharge de Meknassa.

Porosité	Indice de vide
52,15%	0,343

#### V-4/ Interprétation des résultats

D'après les résultats relatifs à la caractérisation du sol étudié, la vitesse de filtration varie entre  $1,05 \times 10^{-6}$  et  $8,35 \times 10^{-6}$  m/s. Cette évolution est en moyenne, assez rapide et voir très rapide ce qui laisse à considérer le sol de la décharge comme étant très perméable. Il y a lieu de préciser que sol constitutif du terrain de décharge est de nature calcaire (Tuf) avec un coefficient de perméabilité d'une valeur moyenne égale à  $3,8 \cdot 10^{-4}$  cm/s. De tels résultats ont été corroborés par les travaux de Terzaghi et Peck [77]. Ils ont noté l'aspect calcaire du sol de la décharge. Pour établir une fiche technique particulièrement précise permettant la

caractérisation du sol, nous avons déterminé sa porosité (n) ainsi que son indice de vide (e).  
Les valeurs obtenues sont respectivement égales à 52,15% et 1,09.

## **Conclusion et suggestions.**

Le développement social des populations urbaines et rurales a engendré la problématique de la pollution à l'échelle planétaire pour enfin compromettre la qualité de vie humaine et celle des générations futures. En effet, la gestion du problème de la pollution dépasse les frontières géographiques d'un pays et la conjugaison des efforts à l'échelle internationale pour faire face à son extension s'impose. Ce travail est une contribution à l'élaboration d'une stratégie pour la préservation de l'environnement sur le plan régional par l'analyse des problèmes intrinsèques liés à la gestion des déchets ménagers de la ville de Chlef. C'est ainsi que nous avons abordé, dans le chapitre I, une précision relative à la définition d'un déchet aussi bien de point de vue légal que scientifique afin de se conformer aux concepts de la revalorisation des déchets tout en mettant en exergue les effets néfastes de la pollution des déchets sur la faune et la flore. Il y a lieu de mentionner l'interaction de différents facteurs de la pollution (atmosphérique, sol) et leur grave impact sur la santé humaine aussi bien par voie hydrique que respiratoire. Pour compléter notre démarche, nous avons réservé le chapitre II à la présentation des procédés de traitement et de valorisation de déchets avec un aperçu comparatif entre les différentes filières de traitements. L'accent est mis sur l'implantation de centres d'enfouissement technique comme moyen de traitement ainsi que la possibilité de récupération du lixiviat pour son traitement en tant qu'eau usée. Si la gestion des déchets est une priorité, la connaissance de sa composition physique et chimique est primordiale laquelle fait l'objet du chapitre III. La caractérisation des ordures ménagères est dépendante de certain nombre de paramètres (urbain, rural, industriel, médical, saison, etc.).

Après une description succincte de la décharge de Meknassa (C.E.T.), nous avons consacré la seconde partie de ce travail à l'étude expérimentale sur la base de la technique d'échantillonnage. En optant pour la méthode de tri manuel et dans le chapitre IV, nous avons pu caractériser la composition physique des déchets qui y sont déposés durant la période de trois mois par pesage des différentes catégories. En effet, elle a mis en évidence la prépondérance de la matière organique (fermentescibles) dont le pourcentage s'élève en moyenne à 40% alors que le pourcentage de déchets recyclables est de 26 %.

Dans le chapitre V, on a couronné notre étude par l'analyse du lixiviat laquelle a été effectuée dans des laboratoires spécialisés, en l'occurrence le laboratoire de l'ADE du centre de Chlef, le laboratoire du département de Génie des Procédés de l'université de Blida et le laboratoire du CRAPC de l'université de Bab Ezzouar. Cette analyse a mis en exergue la présence de différents polluants (nickel, plomb, cuivre, etc.). La présence du plomb en fortes concentrations (0,571, 1,14) mg/l et celle du nickel (0,524, 1,22) mg/l ce qui est un bon indicateur de la pollution potentielle des eaux souterraines. La concentration en cuivre, de l'ordre de 0,855 mg/l, peut être à l'origine d'intoxication par les sels de cuivre. Pour ce qui se rapporte à la détermination des propriétés du sol constituant le casier de la décharge (porosité, perméabilité), il y a lieu de préciser que le sol constitutif du terrain de décharge est de nature calcaire avec un coefficient de perméabilité d'une valeur moyenne égale à  $3,8 \cdot 10^{-4}$  cm/s en se basant sur l'équation de Darcy régissant les écoulements dans les milieux poreux.

Face à l'ampleur et à la gravité de la situation, la sensibilisation des populations mérite d'être une priorité tout en dotant les sites urbains de conteneurs permettant la collecte de déchets par catégorie (matière organique, verre, plastique, papiers, métaux...) en fonction de son intérêt économique. Les déchets divers sont de l'ordre de 30%, alors que les déchets recyclables sont d'un pourcentage équivalent à 26%. Ces valeurs, assez importantes, montrent bien l'intérêt de la séparation des déchets depuis la source et l'implantation d'unités de traitement (valorisation énergétique et matière), à l'échelle régionale. Quant à ce qui se rapporte à la matière organique, on note qu'elle représente, à elle seule, un pourcentage très élevé (40%) en moyenne. Un tel résultat semble confirmer que, dans des conditions bien précises, les déchets ménagers se prêtent beaucoup mieux à un compostage pour amender les sols arables à faible rendement. Néanmoins, dans un premier plan, il y a lieu d'analyser sa teneur en eau, en carbone et en azote.

Des teneurs élevées en métaux lourds sont directement responsables de la pollution des eaux souterraines par les constituants du lixiviat. Un tel constat nous incite à prendre certaines précautions relatives au choix du site (nature du sol, position géographique etc.) et la gestion des eaux pluviale et souterraine.

A l'heure actuelle, la mise en décharge est le mode de gestion des déchets le plus répandu. A travers ce fait, l'ouverture d'autres entreprises pour la valorisation et la récupération de nos déchets sont indispensables, pour mettre enfin les déchets ultimes dans une décharge.

Enfin, nous espérons trouver de meilleures conditions qui nous permettent de poursuivre notre étude afin de pouvoir mieux cerner le problème de la gestion de déchets ménagers urbains de Chlef et des wilayas limitrophes.

## Références bibliographiques

- [1] CHERIET .K, “ Les résidus urbains du grand Alger et le réaménagement de la décharge de Oued-Smar”, Projet de fin d'étude, école nationale polytechnique (Alger), 1995.
- [2] C.P.I : Projet de contrôle de la pollution Industrielle. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). (2001)
- [3] Andrew Blowers (ed), *Planning for a Sustainable Environment* Earthscan, Londres. (1993)
- [4] Web, 2002 “ projet de déchetterie à Blida en Algérie” (2002)  
<http://www.CHINA.Org.Cn/frenche/74129.htm>
- [5] HAMROUCHE. G, “ Situation des déchets en Algérie” (2003)  
[http://WWW.algeria-watch.de/Fr/mrv\\_rap/ onu. rapport.htm](http://WWW.algeria-watch.de/Fr/mrv_rap/ onu. rapport.htm)
- [6] Projet de plan régional pour la qualité de l'air en bourgogne.  
Chapitre II : Généralité sur la pollution atmosphérique et ses effets. Juillet, non paginé. (1999)
- [7] DERACHE. B, “La protection de l'environnement”, (2002)  
<http://www.Frenche-comte.drivre.gouv.Fr>.
- [8] MAHROUR. M ; SAIDI. F. “Etude d'impact sur l'environnement d'une décharge contrôlée compactée de la commune de Bechar”. (1998)
- [9] FURIE. C, FERRA. C, MEDORI. P, DEVAUX. J, HEMPTINNE. J-L.  
Ecologie. “Approche scientifique et pratique”. 5<sup>e</sup> édition. Pp. 358-359. (2003)
- [10] GILBERT. M, “L'incinération des déchets ménagers. Nuisances et danger dans les zones de productions agricoles”. Pp. 23-24
- [11] SYCTOM 2000-2004, “ Traitement et valorisation des déchets ménagers” (2000-2004)  
[http:// w.w.w.SYCTOM.fr](http://w.w.w.SYCTOM.fr)
- [12] CHAMBRE de commerce et d'industrie de Paris. “Gérer ses déchets : les fiches pratique par type de déchets”, (2005)  
[w.w.w.environnement.ccip.fr](http://w.w.w.environnement.ccip.fr)
- [13] NICHOLSON. F.A, NICHOLSON et AL. “An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales”. Elsevier, The science of the Total Environment 311. pp. 205-219. (2003)
- [14] DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions. The Draft Soil Protection Strategy for England and Wales-A Consultation Paper. DETR, London; (2001)

- [15] SMITH. SR, WARDAN. O.L. "Pesticide Usage Survey Report 150. Review of usage of Pesticides in Agriculture and Horticulture throughout Great Britain", 1986-1996. London: MAFF Publications; (1999)
- [16] MAC. GRATH. SP, LOVELAND. P.J. "The soil geochemical Atlas of England and Wales". London: Blackie Academic and Professional, (1992).
- [17] NEZZAL. F, U.S.T.H.B. ; BENZAGOUTA.F, Université de Constantine. "Impact de la décharge publique de la Cheffa (Blida) sur la qualité des eaux souterraines". Bulletin Internationale de l'eau et de l'Environnement N° 07-Juin 1997.
- [18] ADEME. "Les procédés de traitement des déchets industriels solides et liquides", Angers: ADEME. P. 42, et 68 dossiers procédés. (1995)
- [19] Sabbas. T et al. "Management of municipal solid waste incineration residues". Waste Management, Pergamon, vol23. pp.61-88. (2003)
- [20] Klein, R et al. "Temperature development in a modern municipal solid waste incineration (MSWI) Landfill With regard to a sustainable waste management". J. Hazard. Mater. B83, pp. 265-280. (2001)
- [21] BRUNO Debray. "Elément de gestion des déchets". p.117. (1999-2000)  
<http://www.ADEME.fr>
- [22] Ding, A. Zhang, Z. fu, J. Cheng, L. "Biological control of leachate from municipal landfills". Chemosphere 44(1). Pp. 1-8. (2001)
- [23] Kjeldsen, P. Grundtvig, A. "Leaching of organic compounds from industrial waste disposed of at an old municipal landfill". Proceedings Sardinia 95. Fifth International Landfill Symposium 3. pp. 201-212. (1995)
- [24] Isidori, M et al. "Toxicity identification evaluation of leachates from municipal solid waste landfills: a multispecies approach". Pergamon, Chemosphere 52. pp. 85-94. (2003)
- [25] Robert Gilbert, "Traité de Gestion des déchets solides ".  
1<sup>er</sup> volume Copenhague, (1985).
- [26] Li, M et al. "Characterization of solid residues from municipal solid waste incinerator". Elsevier, Fuel 83. Pp. 1397-1405. (2004)
- [27] Navarro, A et al. "Gestion de déchets", Technique de l'ingénieur, traités généralités et construction, A8660-C4260. p.32. (1994)
- [28] DJEDJE. D, "Séminaire à Gagnoa du 23 au 25 octobre 1997", (1997).  
<http://www.africaonline.co.ci/Africa.Online/infos/lavois/1813GR01.htm>

- [29] Site canadien sur le recyclage  
[http://w.w.w.recycle.mrcan.gc.ca/de\\_fault\\_f.htm](http://w.w.w.recycle.mrcan.gc.ca/de_fault_f.htm)
- [30] BENTIR Mohamed. Directeur responsable de la publication. EDIL Inf.EAU  
Bulletin International de l'Eau et de l'environnement. N° : 07 juin 1995
- [31] Le Goux Jean-Yves. Douce Chaterine “L’incinération des déchets ménagers”. éditions ECONOMICA. p.226. (1995)
- [32] Gerard Miquel. M et Serge Poignant.M, “Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers industriels banals”. Juin 1999. (1999)  
<http://www.Senat.fr>
- [33] technique de l’ingénieur. “Traité Environnement”.  
. G 2020 pp.17-18. (2003)
- [34] Liliane Elsen. “Les plans départementaux d’élimination des déchets ménagers et assimilés”. Chapitre IV : Gestion des déchets ménagers et assimilés : données techniques et coûts. Octobre 1999. Pp. IV 22 – IV 23. (1999)
- [35] CLAUDE Faurie, CHRISTINE Ferra, PAUL Médorie, JEAN Dévaux, JEAN-Louis Hemptinne. “Ecologie Approche scientifique et pratique”.  
5eme édition. Pp. 343-349. (2003)
- [36] BRUNO Debray. “Elément de gestion des déchets ”.  
p. 108. (1999-2000)
- [37] Fontana.A, Burzynska-weis.B, Jung. C.G, C.BR/EKMAN-DANHEUX,  
Ph.Laurent, Environnemental protection bulletin, 048. pp. 15-20. (1997)
- [38] Von Roll et Serpac. “Dans certains procédés, une combustion partielle en défaut d'air conduit à une atmosphère réductrice riche en CO et N<sub>2</sub>”.
- [39] Fontana. A, Jung. C.G, présenté à l'espace ADEME au salon POLLUTEC, Lyon, octobre 1999. (1999)  
dans les innovations des Eco-industries, J.Vigneron et F.Malabal. Economica ed. Paris.  
Pp. 303-304. (2000)
- [40] Fontana. A, “Environnemental protection bulletin”, 055.pp. 3-5. (1998)  
thide environnement. (1998)
- [41] Maisonneuve, C. “Etude des géomenbranes mécanisme et mise au point d’essais accélérés”. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, INPG. (1999)
- [42] Robert Gillet. “Traité de gestion des déchets solides”  
1<sup>er</sup> Volume. Copenhague (1985)

[43] ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie "projet cahier technique centre de stockage des déchets ménagers et assimilés". Département Déchets Municipaux, France, juillet 1998, pp. 1-84. (1998)

[44] Gisbert.T. "Application des matériaux synthétiques à l'aménagement des centres d'enfouissement technique (C.E.T) classe I : utilisation à ce jours et perspective". France déchets Gargenville, France, Géoconfine 93, Armould, barrés et Côme (eds.) Balkema, Rotterdam. pp. 201 – 206. (1993)

[45] Gazaux, D. "Mesure et contrôle de la perméabilité des matériaux utilise dans les dispositifs d'étanchéité pour la protection de l'environnement: Etat de l'art et développement", Thèse de doctorat de l'Institut des Sciences Appliquées de Lyon, p. 338. (1998)

[46] San, I. Onay, T.T. "Impact of various leachate recirculation regimes on municipal solid waste degradation". Elsevier, Journal of Hazardous Materials B87. pp. 259-271. (2001)

[47] Sous la direction de C. London, Lamy Environnement, les déchets, Paris : Lamy SA. (1995)

[48] Eriksson. O et al. "Municipal solid waste management from a systems perspective". Elsevier, Journal of Cleaner Production . Pp. 1-12. (2004)

[49] DORFMAN. Roger, "Les résidus urbains". Tome2. 2<sup>e</sup> édition. "Traitement et Valorisation". Pp. 96-98

[50] Loi 92-646 du 13 Juillet 1992 : Modification de la loi 75-633 du 15-07-1975 sur l'élimination des déchets et la récupération des matériaux, J.O du 14-06-1992. Loi Française.

[51] Nicholson R.V, Cherry J.A, Reardon EJ, "Migration of contaminante in groundwater at landfill.A case study Hydrogeochemistry",J. Hydrol 63(1-2), ,pp.131-176. (1983)

[52] Farguhar GJ. Sykes JFcontrol of leachate organics in soil. Conservation and recycling.5, pp.55-68. (1982)

[53] Gerard Miquel.M et Serge Poignant. M , "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers". Verre avenir. France. (1997)  
File://A:/recyclage4.htm

[54] Navarro. A et al. "Gestion des déchets", Lamy environnement, Les déchets, LAMY, études205 à 265. (1995)

[55] Gerard Miquel. M et Serge Poignant. M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers".Volume et taux ; glass gazette. Europe. Europe. (1996)  
<http://www.senat.fr>

[56] Incidence sur le nombre de cancers chez des personnes habitant à proximité d'une décharge municipale d'ordures ménagères à Montréal-Québec, archives of environmental health, Volume50, N°6, pp.416-424. (1995)

[57] Gerard Miquel. M et Serge Poignant. M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers". Fédération minerais et métaux, chambre Syndical de l'Aluminium. France  
File://A/recyclage8.htm

[58] Gerard Miquel. M et Serge Poignant. M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers". Pécheney, Rhenalu.  
File://A/recyclage8.htm

[59] Cambre de commerce et d'industrie de Paris  
[www.environnement.ccip.fr](http://www.environnement.ccip.fr)

[60] SERI Renault. "Approche des problèmes généraux liés à l'Elimination des déchets Industriels". Ministère de la qualité de la vie. Paris-France

[61] Gerard Miquel. M et Serge Poignant. M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers".  
File://A/recyclage11.htm

[62] Gerard Miquel. M et Serge Poignant M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers". Cyclamed, Rapport d'activité. France. (1997)  
File://A/recyclage13.htm

[63] Jean-yves LEGOUX, Catherine LEDOUCÉ. "L'incinération des déchets ménagers". Préface de Jacques VIGNERON. pp.164-167. (1995)

[64] GREDIGK. S, "Emission des décharges et traitement des lixiviats".  
Séminaire international sur la Gestion Intégrée des Déchets Solides. Alger.  
Pp.151-153. (2000)

[65] Québec, Goldberg. "Archives of environmental health". Volume 50, n°06, Novembre. pp. 416-424. (1995)

[66] Journal of Environmental Monitoring, 2005, 7,  
[www.rsc.org/CFmuscat/intermediate,abstractcfm.?](http://www.rsc.org/CFmuscat/intermediate,abstractcfm.?)  
FURL=/lei/EM/2005/b500932d/index.htm et TYP=ADV; The Royal Society of Chemistry, 15/03/05, [www.rsc.org](http://www.rsc.org); Arch. Environ. Hea/th, 57. pp. 516-518. (2002)

[67] Chugh. S, Clarke W, Pullammanappallil P, V. Rudolph Waste Manage. Res. 16(6). 564-573. (1998)

[68] Leuschner .A. P. in: T. H. Christensen, R. Cossu, R. Stegmann (Eds), "Sanitary Landfill: Process; Technology and Environmental Impacts". Academic Press, New York. pp. 83-102. (1989)

- [69] McCarty P. L. , Anaerobic. “Waste Treatment Fundamental : Chemistry and Microbiology Environmental Requirements and Control Toxic Materiels and their Control Porcess Design”, Pblc Works, I, II, III and IV. pp.9-12. (1964)
- [70] CHAISEMARTIN David. Science et Vie n°1049, article écrit par M.-F. Tordjman. Février. p. 46. (2005)  
www.actu-environnement.com.
- [71] Direction d’Hydraulique de la Wilaya de Chlef (DHW). (2005)
- [72] PERRODON. A, “Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l’Algérie occidentale”. (1957)
- [73] CAIRE A. & MATTAUER M. “Les directions telliennes et sahariennes dans le tell Algérien”. *Bull. Soc. Nat. du Doubs n°57*. P. 149. (1953)
- [74] ABH–CZ. “Bulletin de la qualité des eaux souterraines des nappes du Chélif Zahez”. *Ministère des ressources en eau*. P. 19. (2001)
- [75] ANB (Bulletin annuel de l’Agence Nationale des Barrages) Algérie. (2001)
- [76] Assemblément Populaire Communal (APC) de Chlef, Algérie. (2005)
- [77] Costet. J, Sangherat. G, “cours pratique de mécanique des sols. 1- Plasticité et calcul des tassements”, 3<sup>ème</sup> édition, Dunod. Pp. 48-55. (1981)
- [78] Norme Françaises NF P 94-054. Octobre. (1991)
- [79] RODIER. J. L’analyse de l’eau. 7<sup>ème</sup> édition, Dunod. (1984)
- [80]Stegmann. JA, Schneider J. “Waste Management Res”. Elsevier; 13. pp. 65-149. (1995)
- [81]Stuart BJ, Kosson DS. “Combust Sci Technol”. Elsevier, 101. pp. 48-527. (1994)
- [82]Eighmy TT. “Eviron Sci Technol”. Elsevier, 29(3). Pp. 46-629. (1995)
- [83]Alba N, Gasso S, Lacorte T, Baldasano JM. “Air Waste Magement”.Assoc. Elsevier, 47(11). Pp. 9-1170. (1997)
- [84]Solid Waste Management Report, CH2M Hill. Ltd., Istanbul Municipality, pp. 35-63. (1992)
- [85]Council of European Union. Council Directive 1999/31/EC OF 26 April 1999 on the landfill of Waste. Official Journal of the European Communities; Elsevier, L128, pp.1-19. (1999)

[86]European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste. Official Journal of the European Communities; Elsevier, L332. pp.91-111.(2000)

[87]RVF.Svensk Avfallshantering 2000 [in Swedisch]. Annual booklet from the Swedish Association of Waste Management, Elsevier, Malmo, Sweden. (2001)

[88]Finnveden, G. Johansson, J. Lind p. Life cycle assessments of energy from solid waste. Fms 137, FOA-B-00-00622-222-SE. Report. From Environmental Strategies Research Group, Elsevier, Stockholm, Sweden. (2000)

[89]Aumonier S. The greenhouse gas consequences of waste management-identifying preferred options. Energy Conversion Management, Elsevier, 37(6-8), pp.22-1117. (1996)

Protocoles expérimentaux :

1) La couleur [79]

### Méthode au platine cobalt

#### Principe

La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée avec une solution de référence de platine cobalt.

#### Matériel spécial

-Tubes à colorimétrie

#### Réactifs

-Solution de platine cobalt (0,5g de platine par litre)

chloroplatinate de potassium ( $K_2PtCl_6$ ).....	1,245g
chlorure de cobalt cristallisé ( $CoCl_2, 6H_2O$ ).....	1 g
acide chlorhydrique $d=1,19$ .....	100 ml
eau distillée.....	1000 ml

Dissoudre le chloroplatinate de potassium et le chlorure de cobalt dans une petite quantité d'eau contenant l'acide chlorhydrique ;

Diluer à 1 litre après dissolution ;

Conservée dans un flacon de verre à l'obscurité, elle est stable un an.

Préparer une gamme d'étalonnage en pratiquant les dilutions.

Effectuer ces opérations dans des tubes à colorimétrie.

#### Mode opératoire

Remplir un tube colorimétrique avec l'échantillon dans des conditions analogues à celles des tubes contenant les solutions étalons. Faire la comparaison en regardant dans l'axe du tube, de haut en bas, au-dessus d'une surface blanche ou réfléchissante orientée de façon telle que la lumière soit renvoyée vers le haut à travers la colonne de liquide.

#### Expression des résultats

Donner le résultat en nombre d'unité platine cobalt.

2) L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. Le sens olfactif peut seul déceler les odeurs des substances volatiles

### 3) Mesure de pH [79]

#### Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel-KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'acidité des ions  $H^+$ .

**Appareil** : pH mètre

**Electrode** : Electrode de pH

**Réactifs** : Tampon pH=9                      Tampon pH=7                      Tampon pH=4

#### Mode opératoire

##### Etalonnage de l'appareil

- Allumer le pH mètre (bouton rouge)
- Brancher l'électrode de pH.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Vérifier l'électrode (niveau de la solution de KCl).
- Afficher la température ambiante.
- Prendre dans un petit bûcher, la solution tampon pH=7.
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH =7.
- Laisser stabiliser un moment.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH =9 et pH =4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

##### Dosage de l'échantillon

- Prendre environ  $\approx 100$ ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le becher.
- Laisser stabiliser un moment avec une fiole faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

#### 4) Mesure de la turbidité [79]

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

##### **Principe**

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

##### **Appareillage : HACH 2100N**

-Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm, de diamètre.

##### **Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

##### **Expression des résultats**

La mesure est obtenue directement en NTU.

#### 5) Mesure de la conductivité [79]

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et la conductivité électrique. L'unité utilisée pour exprimer la conductivité est le micro siemens par centimètres ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega \cdot \text{cm}) = \frac{1000000}{\text{conductivité } (\mu\text{S} / \text{cm})}$$

##### **Principe**

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique.

##### **Matériel spécial**

-Conductimètre : utilisation de préférence le courant alternatif en adaptant la fréquence à la gamme de conductivité choisie.

**Mode opératoire**

D'une façon général, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

**Expression des résultats**

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en le plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Noter le chiffre donné par le pont.

La conductivité électrique de l'eau est donnée par l'expression :

$$C = \frac{K}{R}$$

Où R est la constante d'étalonnage de la cellule.

C s'exprime en micro Siemens par centimètre ( $\mu S / cm$ ).

**6) Mesure de la salinité [79]**

Après avoir étalonné rigoureusement l'électrode de la salinité, placer cette électrode dans l'eau de lixiviation à analysée.

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise; le résultat est donné en (%).

**7) Mesure de l'oxygène dissous (OD) [79]**

Après avoir étalonné rigoureusement l'électrode de l'oxygène dissous, placer cette électrode dans l'eau de lixiviation à analysée.

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise; le résultat est donné en (mg/l).

**8) Le taux des sels dissous (TDS) [79]**

Après avoir étalonné rigoureusement l'électrode de taux des sels dissous, placer cette électrode dans l'eau de lixiviation à analysée.

La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise; le résultat est donné en (mg/l).

### 9) Résidus secs (RS) [79]

La détermination des résidus secs permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

Soit un creuset de masse  $M_0$ , bien séché à l'étuve et refroidis à l'abri de l'humidité dans un dessiccateur. On mesure exactement 25ml d'échantillon à l'aide d'une pipette et on les verse dans le creuset.

On introduit le creuset pendant quatre heures à 105°C dans l'étuve; puis on le met après les quatre heures dans un dessiccateur.

Le creuset est ensuite pesé une autre fois et on note la mesure  $M_1$  et en fin on calcul les Résidus secs comme suit:

$$RS(mg / l) = \frac{M_0 - M_1}{V}$$

### 10) Les matières en suspension [79]

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation.

L'échantillon est filtré et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'échantillon à analyser avec 10 ml d'eau. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage. Laisser essorer le filtre, sécher à 150°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à poids constant.

La teneur de l'échantillon en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression :

$$\frac{M_1 - M_0}{V} \otimes 1000$$

$M_1$  : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

$M_0$  : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : volume de l'échantillon utilisé (ml).

## 11) Détermination de l'alcalinité [79]

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Le titre alcalimétrique (**TA**) mesure la teneur de l'eau en alcalis libre et en carbonates caustiques.

Le titre alcalimétrique complet (**TAC**) mesure la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

### Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

### Réactifs

-Solution alcoolique de phénophtaléique à 0,5%.

-Phénophtaléique.....5g

-Alcool éthylique.....500ml

-Eau distillée.....500ml

-Solution de méthylorange à 0,50%

-Méthylorange.....0,5g

-Eau distillée.....100ml

### Mode opératoire

#### A) Détermination des carbonates (TA)

Pour un prélèvement de 100 ml d'eau de lixiviation à analyser dans un bécher, ajouter 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine, une couleur rose doit alors se développer dans le cas contraire le **TA** est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Verser ensuite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH=8,3). Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

#### B) Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Pour un prélèvement de 20 ml d'eau de lixiviation à analyser dans un bécher, ajouter 2 gouttes de méthyle orange et en titre avec l'acide chlorhydrique (0.1N) jusqu'au virage au jaune orangé (pH 4,3). Soit' le nombre de millilitres d'acide N/50 versés depuis

le début du dosage. Retrancher de ce volume 0,5 ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui un peu plus faible que le pH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.

### Expression des résultats

#### -TA

-V/5 exprime le titre alcalimétrique en milliéquivalents par litre.

-V exprime le titre alcalimétrique en degrés français (en effet, 1°F correspond à 10mg de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) ou 0,2 meq/l).

#### -TAC

-V' - 0,5/5 exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalent par litre.

-V' - 0,5 exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.

## 12) Dosage des chlorures (Cl<sup>-</sup>) [79]

Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (**méthode de Mohr**)

### Principe

Les chlorures sont dosés par le nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium comme indicateur. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'une teinte jaune au rouge brique. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

### Réactifs

-Nitrate d'argent : dissoudre dans de l'eau 4,791g de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000ml dans une fiole jaugée.

-Chromate de potassium : dissoudre 10g de chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) dans l'eau et diluer à 100ml.

### Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 100ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition ne goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Un essai à blanc est traité de la même façon.

**Expression des résultats**

La concentration en chlore,  $C_{Cl}$ , exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$C_{Cl} = (V_s - V_b) \times C \times F / V_a$$

Où

$C_{Cl}$  est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

$V_a$  est le volume en ml de l'échantillon pour essai (maximum 100ml, les dilutions doit être prise en compte).

$V_b$  est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.

$V_s$  est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utiliser pour le titrage du l'échantillon.

$C$  est la concentration réelle, exprimée en moles de  $AgNO_3$  par litre, de la solution de nitrate d'argent  $C = 0,0282039 \text{ mol/l}$ .

$F$  est le facteur de conversion.  $F = 35453 \text{ mg/mol}$ .

**13) Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) [79]**

La DBO<sub>5</sub> est la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante va entraîner une consommation d'O<sub>2</sub>) au cours des procédés d'autoépuration.

**Principe**

La DBO<sub>5</sub> est mesurée au bout de 5 jours (DBO<sub>5</sub>), à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O<sub>2</sub>) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O<sub>2</sub>, le second à la mesure de la concentration résiduaire en O<sub>2</sub> au bout de 5 jours. La DBO<sub>5</sub> est la différence entre ces 2 concentrations. Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20°C.

$$DBO_5 = F (T_0 - T_5)$$

$T_0$  (en mg/l) la concentration initiale en  $O_2$  dissous.

$T_5$  (en mg/l) la concentration résiduaire en  $O_2$  au bout de 5 jours.

F facteur de dilution.

#### **14) Dosage des sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) [79]**

##### **Principe**

Les ions  $SO_4^{2-}$  sont précipités à l'état de sulfates de baryum et évalués gravimétriquement.

##### **Réactifs**

-Solution mère de sulfates à 120mg/l.

-Acide chlorhydrique à 10%.

-Chlorure de baryum stabilisé : 10g de chlorure de baryum + 20ml de Tween → compléter à 100ml avec l'eau distillé.

##### **Mode opératoire**

-Dans les fioles, introduire 39ml de l'échantillon à analyser

-Ajouter 1ml d'acide chlorhydrique à 10%

-Ajouter 5ml de la solution de chlorure de baryum stabilisé

-Agiter et laisser reposer pendant 15mn

-Agiter à nouveau et passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde :  $\lambda = 680\text{nm}$

Faire une gamme d'étalon de la solution mère de sulfates [0-11] ml.

##### **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100ml :

$P \times 10 \times 0,41155$  donne la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de  $SO_4^{2-}$  par litre d'eau.

P est le poids de sulfate de baryum trouvé.

#### **15) Dosage des nitrates ( $NO_3^-$ ) [79]**

##### **Méthode au salicylate de sodium**

##### **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent le paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique :

**Réactifs**

-Solution de salicylate de sodium à 0,5% à renouveler toutes les 24heures.

-Acide sulfurique concentré. (d=1,84).

-Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :

hydroxyde de sodium.....400 g

tartrate double de sodium et de potassium.....60 g

eau distillée.....1000g

Faire dissoudre les sels dans de l'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000ml.

A conserver dans un flacon en polyéthylène.

-Solution mère étalon d'azote nitrique à 0,1g/l :

nitrate de potassium anhydre.....0,722g

eau distillée.....1000ml

chloroforme (pour conserver).....1 ml

-Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005g/l.

Amener 50ml de la solution mère à 1000ml avec de l'eau distillée.

Faire des dilutions pour avoir une gamme d'étalons [0-10]ml, construire la courbe d'étalonnage.

**Mode opératoire**

Introduire 10ml d'eau dans une capsule de 60ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10mg/l, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau bi distillée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

**Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau, pour obtenir la teneur en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) multiplier ce résultat par 4,43.

## 16) Détermination de la dureté (TH) [79]

La dureté d'une eau est fonction de sa teneur en ses cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ . Elle est déterminée soit par le dosage complexométrique des ions, soit par la mesure du degré hydrotimétrique **TH**.

### Méthode tetrimétrique à l'EDTA

#### Principe

La détermination de la dureté totale s'effectue par titrage, à température voisine de  $40^\circ\text{C}$  et à pH compris entre 9 et 10. Le noir d'ériochrome T, qui donne une couleur violette en présence des ions calcium et de magnésium, est utilisé comme indicateur.

Lors du titrage, l'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres en solution puis, au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés avec l'indicateur et provoque un changement de couleur de violet à bleu.

Les résultats sont exprimés en unités de concentration de quantité de matière.

#### Réactifs

-Solution tampon : dissoudre 67,5g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dans 570ml de solution ammoniacal (25% ;  $\rho = 0,910\text{g/ml}$ ).

Ajouter ensuite 5,0g du sel disodique de magnésium de l'EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$ ) et diluer à 1000ml avec de l'eau.

-EDTA, solution titrée,  $C_{(\text{Na}_2\text{EDTA})} = 10 \text{ mmol/l}$  ; sécher une portion d'EDTA à  $80^\circ\text{C}$  pendant 2h, dissoudre 3,725g du sel dans de l'eau et diluer à 1000ml dans une fiole jaugée.

-Eriochrome T, indicateur : dissoudre 0,5g de sel de sodium d'ériochrome noir dans 100ml de triéthanolamine, il est possible d'ajouter jusqu'à 25ml d'éthanol à la place de la triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

#### Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 50ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 4ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur. La solution doit se colorer en violet et son pH doit être de 10. Mélanger et doser immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Verser lentement, puis en goutte à goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Soit V le volume de solution d'EDTA verser.

**Expression des résultats**

La teneur globale en calcium et en magnésium, exprimé en degré français sera égale à 2V en milliéquivalents.

$$TH = (V \times 2)^\circ F$$

**1 degré de dureté français est la dureté correspondant à une teneur en carbonate de calcium de 10ml/g, ou en concentration de quantité de matière 0,1millimol/l.**

**17) Dosage du calcium (Ca<sup>2+</sup>) [79]****Méthode tetrimétrique à l'EDTA****Principe**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libre, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair.

**Réactifs**

-Hydroxyde de sodium ; solution de 2 mol/l ; dissoudre 8g de NaOH dans 100ml d'eau fraîchement distillée.

-EDTA, solution titrée, C<sub>(Na<sub>2</sub> EDTA)</sub> =10mmol/l ; sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2h, dissoudre 3,725g du sel sec dans de l'eau et diluer à 1000ml dans une fiole jaugée.

-Indicateur HSN : mélanger soigneusement 0,2g d'acide calcone carboxylique (acide hydroxy-2-(hydroxy-2-sulfito-4-naphthylazo-1)-1-naphtalène carboxylique C<sub>12</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.3H<sub>2</sub>O) et 100g de chlorure de sodium (NaCl).

**Mode opératoire**

A l'aide d'une pipette, introduire 50ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 2ml de la solution de NaOH et environ 0,2g de l'indicateur HSN.

Mélanger et doser immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Verser lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Soit  $V$  le volume d'EDTA verser.

### Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimé en mg/l est donnée par l'équation :

$$C(Ca) = (V \times 20,04) \text{ mg / l}$$

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésium.

$$C(Mg) = [(V(TH) - V(Ca)) \times 15,12] \text{ mg / l}$$

## 18) Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) [79]

### Méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10

#### Principe

Le fer est réduit à l'état ferreux par le chlorhydrate d'hydroxylamine. Le fer (II)-phénanthroline-1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9.

#### Réactifs

Tampon d'acétate :

Dissoudre 40g d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) dans l'eau, ajouter 50ml d'acide acétique cristallisable ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Chlorhydrate d'hydroxylamine : solution à 100g/l

Dissoudre 10g de chlorhydrate d'hydroxylamine ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$ ) dans l'eau et compléter à 10ml. Cette solution reste stable pendant une semaine au moins.

Solution de phénanthroline-1,10 :

Alternativement dissoudre 0,42g de phénanthroline-1,10 mono hydratée ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dans 100ml d'eau contenant 2 gouttes de la solution d'acide chlorhydrique.

Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

Solution mère : 1,0g de fer par litre.

Peser 4,9776g de sulfate de fer et d'ammonium (correspondant à 1g de fer) dans une fiole jaugée de 1000ml

Solution intermédiaire : Solution intermédiaire à 0,1g de fer par litre.

Prélever 100ml de la solution mère et compléter ainsi à 1000ml. On obtient une SI 0,1g/l d'où 1ml=0,1mg

Etalon I : correspondant à 20mg/l de fer. Pipeter 100ml de la SI dans une fiole jaugée de 500ml et compléter en volume avec de l'eau.

Etalon II : correspondant à 1mg de fer par litre. Pipeter 5ml de la solution étalon I dans une fiole jaugée de 500ml et compléter au volume avec de l'eau.

Construire la courbe d'étalonnage.

### **Mode opératoire**

Préparation des solutions standards : préparer une série d'étalons allant de la concentration de 0,01 à 5,00mg/l.

Pipeter ensuite 40ml de chacune de ces solutions dans des fioles de 50ml.

Ajouter au solution transvasées, 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement, ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5 ; ajouter enfin 2ml de la solution de phénanthroline-1,10 compléter à 50ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15mn.

### **Expression des résultats**

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 510nm. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

## **19) Dosage de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) [79]**

### **Méthode volumétrique**

#### **Réactifs**

-Acide sulfurique N/10.

-Indicateur coloré :

Solution alcoolique de rouge de méthyle à 0,2%.....50ml

Solution alcoolique de bleu de méthylène à 0,2%.....25ml

### **Mode opératoire**

Ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré au distillat et effectuer le dosage à l'aide d'une solution d'acide sulfurique N/10 soit  $V_1$  ml. Opérer de la même manière sur un témoin préparé à partir d'un volume d'eau distillée contenant 5 ml de solution d'acide borique soit  $V_0$  ml.

**Expression des résultats**

La teneur en ammonium exprimée en milligrammes par litre est donnée par la relation :

$$\frac{(V1 - V0)0,1 \times 1000 \times 18}{V2}$$

$V_2$  : volume de la prise d'échantillon.

**20) Dosage de la matière organique [79]****Principe**

Le dosage de la matière organique (M.O) des eaux s'effectue en déterminant la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animal ou végétale contenues dans une eau.

**Réactifs**

- Solution d'acide sulfurique diluée à 50%
- Solution de permanganate de potassium N/80
- Solution de sulfate ferreux ammoniacal :
 

sulfate ferreux ammoniacal.....	10 g
acide sulfurique (d=1,83).....	10 g
eau distillée.....	1000g
- Solution saturée de bicarbonate de sodium

**Mode opératoire**

L'échantillon renferme des matières en suspension, il faut les éliminer par décantation ou filtration.

**-Mesure en milieu acide**

Introduire dans un matras de 1 litre, 200ml d'échantillon à analyser et 10 ml d'acide sulfurique dilué à 50%.

Ajouter un deuxième matras de 500ml, introduire 100ml d'échantillon à analyser et 5ml d'acide sulfurique dilué à 50%.

Ajouter dans chacun des deux matrasses 10ml de solution de permanganate de potassium N/80. Porter les deux matrasses à ébullition ménagée pendant 10mn à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent crever la surface du liquide. Laisser refroidir pendant 30mn. Ajouter dans chaque ballon 10ml de

sulfate ferreux ammoniacal pour décolorer. Revenir immédiatement à la teinte rose mais persistante en introduisant dans les deux essais, à l'aide d'une burette graduée.

La solution de permanganate de potassium N/80.

Les différences volumétriques de solution de permanganate de potassium trouvée entre les deux essais, représentent le nombre de milligrammes d'oxygène consommé par litre d'échantillon.

## **21) Dosage du cuivre (Cu) [79]**

### **Méthode par absorption atomique électrothermique**

#### **Principe**

La solution est injectée à l'intérieur d'un four, où elle est séchée puis calcinée et où enfin, dans une dernière phase, les sels de cuivre sont dissociés à l'état de cuivre atomique.

#### **Matériel spécial**

-Four d'atomisation sans flamme.

-Spectromètre d'absorption atomique équipé d'une lampe à cathode creuse de cuivre et d'une lampe au deutérium pour la correction du bruit de fond et d'un enregistreur.

#### **Réactifs**

-Solution mère étalon de cuivre à 1 g/l.

Cuivre métallique.....1g

Acide nitrique.....60ml

Eau distillé.....1000ml

Dilution de la solution mère pour avoir une gamme d'étalons [0-10mg/l], et la courbe d'étalonnage.

#### **Mode opératoire**

Injecter dans le four 10  $\mu$ l d'échantillon acidifié par de l'acide nitrique. Sécher à 100°C pendant 30 secondes, calciner à 800°C pendant 40 secondes puis atomiser à 2600°C pendant 5 secondes. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 324,7 nm ; se rapporter à la courbe d'étalonnage.

**Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en microgrammes de cuivre par litre.

**22) Dosage du fer (Fer) [79]****Méthode par absorption atomique électrothermique****Principe**

Le fer complexé par l'ammonium pyrrolidium dithiocarbamate est extrait à pH 3,5 par la méthylisobutylcétone puis dosé par spectrométrie d'absorption atomique directement sur la solution obtenue.

**Matériel spécial**

- Four d'atomisation sans flamme.
- Ampoule à décantation de 500ml.
- Agitateur automatique à va-et-vient (fréquence d'agitation 60).
- Centrifugeuse.
- pH mètre.

**Réactifs**

Utiliser de l'eau distillée et des réactifs d'une grande pureté.

- Acide nitrique (d= 1,4).
- Solution de chlorure d'ammonium à pH 9

Chlorure d'ammonium.....25g

Eau distillé.....100ml

Ajuster le pH à 9 avec une solution d'hydroxyde de sodium à 25%.

- Solution d'ammonium pyrrolidium dithiocarbamate (APDC) à 20g/l.

Ajuster le pH à 3,5 et procéder à une extraction par la méthylisobutylcétone. Préparer chaque jour.

- Méthylisobutylcétone.

- Solution mère étalon de fer à 1g/l

Fer.....1g

Acide nitrique.....60ml

Eau distillé.....1000ml

Pour la préparation, se reporter à la méthode colorimétrique.

-Solution fille étalon de fer à 10 mg/l.

Diluer au 1/100 la solution mère.

-Solution fille étalon de fer à 0,4 mg/l.

Diluer au 1/25 la solution précédente après avoir ajouté 1ml d'acide nitrique.

Construction de la courbe d'étalonnage.

### **Mode opératoire**

Introduire dans un bécher 400ml d'eau à analyser acidifiée au moment du prélèvement et ajuster le pH du prélèvement à  $3,5 \pm 0,1$  à l'aide de la solution tampon pH9. Verser le contenu dans une ampoule à décantation, rincer le bécher avec 25 ml d'eau, joindre les eaux de lavage. Ajouter 50 ml de solution APDC. Agiter 5 mn sur un agitateur à va-et-vient. Ajouter 50 ml de méthylisobutylcétone. Agiter 10 mn à nouveau. Laisser décanter plusieurs heures à l'abri de la lumière et de préférence à base température. Recueillir la phase organique, la centrifuger pour éliminer les traces d'eau. Nébuliser la solution de méthylisobutylcétone en intercalant de la méthylisobutylcétone pure entre chaque échantillon. Utiliser une flamme air-acétylène. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 248,3 nm.

### **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en microgrammes de fer par litre d'eau.

## **23) Dosage du nickel (Ni) [79]**

### **Méthode par absorption atomique électrothermique**

#### **Principe**

La solution est injectée à l'intérieur d'un four, où elle est séchée puis calcinée et où enfin, dans une dernière phase, les sels de nickel sont dissociés à l'état de nickel atomique.

#### **Matériel spécial**

-Four d'atomisation sans flamme.

-Spectromètre d'absorption atomique équipé d'une lampe à cathode creuse de nickel et d'une lampe au deutérium pour la correction du bruit de fond et d'un enregistreur.

**Réactifs**

-Solution mère de nickel à 1 g/l

Nickel métallique.....1g

Acide nitrique.....60ml

Eau distillée.....1l

-Solution étalon à 1 ml/l

Diluer au 1/1000 la solution mère étalon précédente.

Préparation d'une gamme de solution d'étalon [0-10] mmg/l, puis établissement de la courbe d'étalonnage.

**Mode opératoire**

Injecter dans le four  $10\ \mu\text{l}$  d'échantillon contenant 1 % d'acide nitrique. Sécher à  $150\ ^\circ\text{C}$  pendant 30 secondes, calciner à  $1200\ ^\circ\text{C}$  pendant 45 secondes puis atomiser à  $2800\ ^\circ\text{C}$  pendant 5 secondes. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 232 nm ; se reporter à la courbe d'étalonnage.

**Expression des résultats**

Le's résultats sont exprimés en microgrammes de nickel par litre.

**24) Dosage du plomb (Pb) [79]****Méthode par absorption atomique électrothermique****Principe**

La solution est injectée à l'intérieur d'un four, où elle est séchée puis calciner et où enfin, dans une dernière phase, les sels de plomb sont dissociés à l'état de plomb atomique.

**Matériel spécial.**

-Four d'atomisation sans flamme.

-Spectromètre d'absorption atomique équipé d'une lampe à cathode creuse et d'une lampe au deutérium pour la correction du bruit de fond et d'un enregistreur.

**Réactifs**

-Acide nitrique

-Solution d'acide phosphorique à 0,2%

-Solution mère de plomb à 1 g

Plomb.....1g

Acide nitrique.....60ml

Eau distillée.....1l

-Solution étalon de plomb à 1 mg/l.

Diluer au 1/1000 la solution mère étalon précédente.

Préparer une gamme d'échantillon [0-10] mg/l, tracer la courbe d'étalonnage.

**Mode opératoire**

Ajouter à 100ml d'échantillon 1 ml d'acide nitrique et 20  $\mu$ l de solution d'acide phosphorique. Injecter dans le four 10  $\mu$ l. Sécher à 125°C pendant 40 secondes, calciner à 450°C pendant 45secondes puis atomiser à la température de 2000 °C pendant 5 secondes. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 283,3nm ; se reporter à la courbe d'étalonnage

**Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en microgrammes de plomb par litre.

**Loi n° 01 - 19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.****Loi n° 01 - 19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.**

Le Président de la République,

Vu la constitution et notamment ses articles 122 et 126;

Vu le décret présidentiel n° 98- 158 du 16 mai 1998, portant adhésion avec réserve de la République Algérienne Démocratique et Populaire, à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination;

Vu l'ordonnance n° 66-03 du 26 mars 1966 relative aux zones et aux sites touristiques;

Vu l'ordonnance n° 66-154 du 08 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure civile;

Vu l'ordonnance n° 66-155 du 08 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure pénale;

Vu l'ordonnance n° 66-156 du 08 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal;

Vu l'ordonnance n° 76-80 du 23 octobre 1976, modifiée et complétée, portant code maritime;

Vu la loi n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement;

Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, modifiée et complétée, portant code des eaux;

Vu la loi n° 84-12 du 23 juin 1984, modifiée et complétée, portant régime général des forêts;

Vu la loi n° 84-17 du 07 juillet 1984, modifiée et complétée, relative aux lois de finances;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé;

Vu la loi n° 87-05 du 27 janvier 1987 relative à l'aménagement du territoire;

Vu la loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire;

Vu la loi n° 88-08 du 26 janvier 1988 relative aux activités de médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale;

Vu la loi n° 89-02 du 7 février 1989 relative aux règles générales de protection du consommateur;

Vu la loi n° 90-08 du 07 avril 1990, relative à la commune;

Vu la loi n° 90-09 du 07 avril 1990 relative à la wilaya;

Vu la loi n° 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme;

Vu la loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998, relative à la protection du patrimoine culturel;

Vu la loi n° .01-13. Du 17 jourmada El Oula 1422 correspondant au 7 août 2001, portant orientation et organisation des transports terrestre; Après adoption par le Parlement,

Promulgue la loi dont la teneur suit :

## **TITRE I DISPOSITIONS GÉNÉRALES**

### **Chapitre I Objet et champ d'application Article premier**

La présente loi a pour objet de fixer les modalités de la gestion, de contrôle et de traitement des déchets

#### **Article 2**

La gestion, le contrôle et l'élimination des déchets reposent sur les principes suivants:

- la prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source;
- l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets;
- la valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage et toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie;
- le traitement écologiquement rationnel des déchets;
- l'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leur impact sur la santé et l'environnement, ainsi que les mesures prises pour prévenir, réduire ou compenser ces risques.

#### **Article 3**

Au sens de la présente loi on entend par:

Déchets : tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

Déchets ménagers et assimilés : tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers.

Déchets encombrants : tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés.

Déchets spéciaux : tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

Déchets spéciaux dangereux : tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

Déchets d'activité de soins : tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

Déchets inertes : tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement.

Générateur de déchets: toute personne physique ou morale dont l'activité génère des déchets.

Détenteur des déchets : toute personne physique ou morale qui détient des déchets.

Gestion des déchets : toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations.

Collecte des déchets : le ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de leur transfert vers un lieu de traitement.

Tri des déchets : toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement.

Traitement écologiquement rationnel des déchets : toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et /ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets.

Valorisation des déchets : toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets.

Elimination des déchets : toutes les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet.

Immersion des déchets : tout rejet de déchets dans le milieu aquatique.

Enfouissement des déchets : tout stockage des déchets en sous-sol.

Installation de traitement des déchets : toute installation de valorisation, de stockage, de transport et d'élimination des déchets.

Mouvement des déchets : toute opération de transport, de transit, d'importation et d'exportation des déchets.

#### **Article 4**

Les dispositions de la présente loi s'appliquent à tous les déchets au sens de l'article 3 ci-dessus à l'exception des déchets radioactifs, des effluents gazeux, des eaux usées, des explosifs déclassés, des épaves d'aéronefs et des épaves maritimes.

#### **Article 5**

Les déchets au sens de la présente loi sont classifiés comme suit:

- les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux;
- les déchets ménagers et assimilés;
- les déchets inertes.

La nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux est fixée par voie réglementaire.

### **Chapitre II**

#### **Obligations générales**

#### **Article 6**

Tout générateur et/ou détenteur de déchets doit prendre les mesures nécessaires pour éviter autant que faire se peut la production des déchets, notamment par :

- l'adoption et l'utilisation des techniques de production plus propres, moins génératrices de déchets;
- l'abstention de mettre sur le marché de produits générant des déchets non biodégradables;
- l'abstention d'utilisation de matières susceptibles de créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages.

**Article 7**

Tout générateur et/ou détenteur de déchets est tenu d'assurer ou de faire assurer la valorisation des déchets engendrés par les matières qu'il importe ou écoule et les produits qu'il fabrique.

**Article 8**

Lorsque le générateur et/ou le détenteur de déchets est dans l'impossibilité d'éviter de générer et/ou de valoriser ses déchets, il est tenu d'assurer ou de faire assurer, à ses frais, l'élimination de ses déchets de façon écologiquement rationnelle, conformément aux dispositions de la présente loi et de ses textes d'application.

**Article 9**

La réutilisation d'emballages de produits chimiques pour contenir directement des produits alimentaires est interdite. Cette interdiction doit être obligatoirement indiquée sur les emballages de produits chimiques, par des signaux apparents avertissant des risques qui menacent la santé des personnes, du fait de la réutilisation de ces emballages pour le stockage de produits alimentaires.

**Article 10**

L'utilisation de produits recyclés susceptibles de créer des risques pour les personnes dans la fabrication d'emballages destinés à contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants est interdite. Les modalités d'application des dispositions du présent article sont fixées par voie réglementaire.

**Article 11**

La valorisation et/ou l'élimination des déchets doivent s'effectuer dans des conditions conformes aux normes de l'environnement, et ce notamment sans : mettre en danger la santé des personnes, des animaux et sans constituer des risques pour les ressources en eau, le sol ou l'air, ni pour la faune et la flore,

- provoquer des inconvénients par le bruit ou les odeurs,
- porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier.

## **Chapitre II**

### **Mouvement des déchets**

#### **Article 24**

Le transport des déchets spéciaux dangereux est soumis à autorisation du ministre chargé de l'environnement après avis du ministre chargé des transports. Les modalités d'application des dispositions du présent article sont définies par voie réglementaire.

#### **Article 25**

L'importation des déchets spéciaux dangereux est strictement interdite. Les modalités d'application des dispositions du présent article sont définies par voie réglementaire.

#### **Article 26**

L'exportation et le transit des déchets spéciaux dangereux sont prohibés vers les pays qui en interdisent l'importation et vers les pays qui n'ont pas interdit cette importation en l'absence de leurs accords spécifiques et écrits. Dans tous les cas, les opérations mentionnées au présent article sont soumises à l'autorisation préalable du ministre chargé de l'environnement. Cette autorisation n'est attribuée que si les conditions suivantes sont remplies :

- le respect des règles et des normes de conditionnement et d'étiquetage internationalement convenus;
- la présentation d'un contrat écrit entre l'opérateur économique exportateur et le centre de traitement;
- la présentation d'un contrat d'assurances présentant toutes les garanties financières nécessaires;
- la présentation d'un document de mouvement signé par la personne chargée de l'opération de transport transfrontière;
- la présentation d'un document de notification signé confirmant le consentement préalable de l'autorité compétente du pays d'importation. L'autorisation de transit est assortie de l'apposition de scellés sur les conteneurs à l'entrée du territoire national. Les modalités d'application des dispositions du présent article sont définies par voie réglementaire.

#### **Article 27**

Lorsque des déchets sont introduits sur le territoire national d'une manière illicite, le ministre chargé de l'environnement doit enjoindre à leur détenteur ou leur transporteur d'assurer leur retour vers le pays d'origine dans un délai fixé par le ministre.

Si le contrevenant ne s'exécute pas, le ministre chargé de l'environnement peut prendre toutes dispositions utiles pour assurer le retour de ces déchets à la charge du contrevenant.

### **Article 28**

Lorsque des déchets sont exportés de manière contraire aux dispositions de la présente loi, le ministre chargé de l'environnement doit enjoindre au producteur ou aux personnes ayant contribué à l'exportation d'assurer leur retour sur le territoire national. En cas d'inexécution, il prend toutes dispositions utiles pour assurer ce retour à la charge des participants à l'opération.

## **TITRE III DÉCHETS MÉNAGERS ET ASSIMILÉS**

### **Chapitre I Organe de gestion**

### **Article 29**

Il est institué un schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés.

### **Article 30**

Le schéma communal de gestion des déchets porte notamment sur :

- l'inventaire des quantités des déchets ménagers et assimilés et des déchets inertes produites sur le territoire de la commune ainsi que leur composition et leur caractéristique,
- l'inventaire et l'emplacement des sites et installations de traitement existants sur le territoire de la commune,
- les besoins en capacité de traitement des déchets, notamment les installations répondant aux besoins communs de deux communes ou groupement de communes, en tenant compte des capacités installées,
- les priorités à retenir pour la réalisation de nouvelles installations,
- le choix des options concernant les systèmes de collecte, de transport et de des déchets, en tenant compte des moyens économiques et financiers nécessaires à leur mise en oeuvre.

### **Article 31**

Le schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés est élaboré sous l'autorité du président de l'assemblée populaire communale. Ce schéma qui doit couvrir l'ensemble du territoire de la commune, doit être en accord avec le plan d'aménagement de wilaya

(PAW) et approuvé par le wali territorialement compétent. Les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision de ce schéma sont définies par voie réglementaire.

### **Article 32**

La gestion des déchets ménagers et assimilés relève de la responsabilité de la commune conformément à la législation régissant les collectivités locales. La commune organise sur son territoire, un service public en vue de satisfaire les besoins collectifs des habitants en matière de collecte, de transport et, le cas échéant, de traitement des déchets ménagers et assimilés. Le groupement de deux ou plusieurs communes peut décider de s'associer pour une partie ou la totalité de la gestion des déchets ménagers et assimilés. Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

### **Article 33**

La commune peut concéder, selon un cahier des charges type, tout ou partie de la gestion des déchets ménagers et assimilés ainsi que les déchets encombrants et les déchets spéciaux générés en petite quantité par les ménages, à des personnes physiques ou morales de droit public ou de droit privé conformément à la législation en vigueur régissant les collectivités locales.

## **Chapitre II**

### **Dispositions générales**

#### **Article 34**

Les services publics désignés à l'article 32 de la présente loi comprennent:

- la mise en place d'un système de tri des déchets ménagers et assimilés en vue de leur valorisation;
- l'organisation de la collecte séparée, le transport et le traitement approprié des déchets spéciaux générés en petite quantité par les ménages, des déchets encombrants, des cadavres d'animaux et des produits du nettoyage des voies publiques, des halles et des marchés;
- la mise en place d'un dispositif permanent d'information et de sensibilisation des habitants sur les effets nocifs des déchets sur la santé publique et l'environnement et sur les mesures destinées à prévenir lesdits effets;
- la mise en oeuvre de mesures incitatives visant le développement et la promotion de systèmes de tri des déchets ménagers et assimilés.

**Article 35**

Tout détenteur de déchets ménagers et assimilés est tenu d'utiliser le système de tri, de collecte et de transport, mis à sa disposition par les organes désignés à l'article 32 de la présente loi.

**Article 36**

La collecte, le transport et le traitement des déchets ménagers et assimilés issus des activités industrielles, commerciales, artisanales, de soins ou autres activités constituent des prestations rémunérées. Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

**TITRE V****INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES DÉCHETS****Chapitre I****Aménagement et exploitation****Article 41**

Les conditions de choix de sites d'implantation, d'aménagement, de réalisation, de modification de processus et d'extension des installations de traitement des déchets sont régies par la réglementation relative aux études d'impact sur l'environnement et par les dispositions de la présente loi et de ses textes d'application. Dans le cas où l'installation de traitement est à implanter sur un terrain en location ou en jouissance, la demande tendant à l'obtention de la décision de prise en considération de l'étude d'impact sur l'environnement comporte obligatoirement une pièce attestant que le propriétaire du terrain connaît la nature des activités projetées.

**Article 42**

Toute installation de traitement des déchets est soumise, préalablement à sa mise en service, à:

- une autorisation du ministre chargé de l'environnement pour les déchets spéciaux;
- une autorisation du wali territorialement compétent pour les déchets ménagers et assimilés;
- une autorisation du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent pour les déchets inertes.

**Article 43**

En cas de fin d'exploitation ou de fermeture définitive d'une installation de traitement des déchets, l'exploitant est tenu de réhabiliter le site en vue de le remettre dans son état

initial ou dans l'état fixé par l'autorité compétente. L'exploitant est tenu d'assurer la surveillance du site pendant une période fixée par la notification de fin d'exploitation afin d'éviter toute atteinte à la santé publique et/ou à l'environnement. Sans préjudice des poursuites pénales qui peuvent être exercées et lorsque l'exploitant refuse de procéder à la remise en état du site, l'autorité administrative compétente effectue d'office et aux frais de l'exploitant, les travaux nécessaires à la réhabilitation du site.

#### **Article 44**

Les prescriptions techniques fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission des déchets au niveau de ces installations de traitement sont fixées par voie réglementaire.

#### **Article 45**

La mise en activité des installations de traitement des déchets est conditionnée par la souscription d'une assurance couvrant tous les risques y compris les risques d'accidents de pollution.

### **Chapitre II**

#### **Surveillance et contrôle**

#### **Article 46**

Outre les organes habilités en la matière par les lois et règlements en vigueur, la surveillance et le contrôle des installations de traitement des déchets sont exercés conformément aux dispositions de la loi 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement .

#### **Article 47**

Les exploitants des installations de traitement de déchets sont tenus de fournir toutes les informations requises aux autorités de surveillance et de contrôle.

#### **Article 48**

Lorsque l'exploitation d'une installation de traitement des déchets présente des dangers ou des inconvénients graves sur la santé publique et/ou l'environnement, l'autorité administrative compétente ordonne à l'exploitant de prendre immédiatement les mesures nécessaires pour remédier à de telles situations. Si l'intéressé n'obtempère pas, ladite autorité prend d'office les mesures conservatoires nécessaires aux frais du responsable et/ou suspend tout ou partie de l'activité incriminée.

**Article 49**

Pour l'exercice de la surveillance susmentionnée, l'autorité désignée à l'article 46 ci-dessus peut, en cas de besoin, faire appel à une expertise pour effectuer les analyses nécessaires à l'évaluation des nuisances et de leurs impacts sur la santé publique et /ou l'environnement.

**TITRE VI  
DISPOSITIONS FINANCIÈRES****Article 50**

Les coûts inhérents au transport et au traitement des déchets spéciaux et inertes, sont à la charge de leurs générateurs et/ou de leurs détenteurs. La gestion des sites des décharges de déchets inertes constitue selon les modalités de l'article 39 de la présente loi une ressource pour les communes.

**Article 51**

Au sens de la présente loi, la collecte, le transport, le stockage et l'élimination des déchets ou tous autres services se rapportant à la gestion des déchets ménagers et assimilés, donnent lieu à la perception d'impôts, de taxes et de redevances dont la nomenclature et le montant sont fixés par la législation en vigueur.

**Article 52**

Outre les avantages prévus par la législation en vigueur, des mesures incitatives sont octroyées par l'Etat , pour encourager le développement des activités de collecte, de tri, de transport, de valorisation et d'élimination des déchets selon des modalités qui sont fixées par la réglementation.

**TITRE VII  
DISPOSITIONS PÉNALES****Article 53**

Est chargée de la recherche et de la constatation des infractions aux dispositions de la présente loi, la police chargée de la protection de l'environnement et ce, conformément aux dispositions de la loi 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

**Article 54**

Les infractions aux dispositions de la présente loi sont constatées par des procès verbaux conformément aux règles prévues par le code de procédure pénale.

**Article 55**

Toute personne physique qui jette, abandonne des déchets ménagers et assimilés ou refuse d'utiliser le système de collecte et de tri mis à sa disposition par les organes désignés à l'article 32 de la présente loi est punie d'une amende de cinq cent (500) à cinq mille dinars

(5.000). En cas de récidive, l'amende est portée au double.

**Article 56**

Toute personne physique exerçant une activité industrielle, commerciale, artisanale ou toute autre activité, qui jette, abandonne des déchets ménagers et assimilés, ou refus d'utiliser le système de collecte et de tri mis à sa disposition par les organes désignés à l'article 32 de la présente loi, est punie d'une amende de dix mille (10.000) à cinquante mille dinars

(50.000). En cas de récidive, l'amende est portée au double.

**Article 57**

Quiconque dépose, jette ou abandonne des déchets inertes sur tout site non désigné à cet effet et notamment sur la voie publique est puni d'une amende de dix mille (10.000) à cinquante mille dinars (50.000). En cas de récidive, l'amende est portée au double.

**Article 58**

Toute infraction aux dispositions de l'article 21 de la présente loi, est punie d'une amende de cinquante mille (50.000) à cent mille dinars (100.000). En cas de récidive, les amendes sont portées au double.

**Article 58**

Toute infraction aux dispositions de l'article 10 de la présente loi, est passible d'une amende de cent mille dinars (100.000) à deux cent mille (200.000) dinars. En cas de récidive, l'amende est portée au double.

**Article 59**

Toute infraction aux dispositions de l'article 10 de la présente loi, est punie d'une amende de cent mille (100.000) à deux cent mille (200.000) dinars. En cas de récidive, les peines et les amendes sont portées au double.

**Article 60**

Toute infraction aux dispositions de l'article 9 de la présente loi, est punie d'un emprisonnement de deux (2) mois à un (1) an et d'une amende de deux cent mille (200.000) à quatre cent mille (400.000) dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 61**

Toute infraction aux dispositions de l'article 17 de la présente loi, est punie d'un emprisonnement de trois (3) mois à deux (2) ans et d'une amende de trois cent mille dinars(300.000) à cinq cent mille (500.000) dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 62**

Quiconque remet ou fait remettre des déchets spéciaux dangereux en vue de leur traitement, à une personne exploitant une installation non autorisée pour le traitement de cette catégorie de déchets, est puni d'un emprisonnement de six (6) mois à deux (2) ans et d'une amende de quatre cent mille (400.000) à huit cent mille (800.000) dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 63**

Quiconque exploite une installation de traitement des déchets sans se conformer aux dispositions de la présente loi est puni d'un emprisonnement de huit (8) mois à trois (3) ans et d'une amende de cinq cent mille (500.000) à neuf cent mille (900.000) dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 64**

Quiconque dépose, jette, enfouit, abandonne ou immerge des déchets spéciaux dangereux dans des lieux non réservés à cet effet, est puni d'un emprisonnement de un (1) an à trois (3) ans et d'une amende de six cent mille (600.000) à neuf cent mille (900.000) dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 65**

Toute infraction aux dispositions de l'article 43 de la présente loi est punie d'un emprisonnement de six (6) mois à dix huit (18) mois et d'une amende de sept cent mille (700.000) à un million (1.000.000) de dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**Article 66**

Quiconque importe, exporte ou fait transiter des déchets spéciaux dangereux en infraction aux dispositions de la présente loi est puni d'un emprisonnement de cinq (5) ans à huit (8) ans et d'une amende d'un million (1.000.000) de dinars ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, les peines sont portées au double.

**TITRE VIII  
DISPOSITION PARTICULIÈRE****Article 67**

Il est créé un organisme public chargé de promouvoir les activités de collecte, de tri, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets. Ses missions ainsi que les modalités de son organisation et de son fonctionnement sont fixées par voie réglementaire.

**TITRE IX  
DISPOSITIONS TRANSITOIRES****Article 68**

Les communes de plus de 100.000 habitants disposent d'un délai de deux (2) ans, à compter de la date de publication de la présente loi au journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire pour se conformer aux dispositions de l'article 29 de la présente loi.

**Article 69**

Les exploitants des installations existantes de traitement des déchets spéciaux et des déchets ménagers et assimilés disposent d'un délai de cinq (5) ans à compter de la date de publication de la présente loi, pour se conformer aux dispositions de la présente loi.

**Article 70**

Les exploitants des sites des déchets inertes disposent d'un délai de trois (3) ans à compter de la date de publication de la présente loi, pour se conformer aux dispositions de la présente loi.

**Article 71**

Les détenteurs de stocks existants de déchets spéciaux disposent d'un délai de deux (2) ans à compter de la date de publication de la présente loi, pour se conformer aux dispositions de la présente loi.

**Article 72**

La présente loi sera publiée au journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

Fait à Alger le 12 décembre 2001

**Abdelaziz BOUTEFLIKA**

**Quantités d'ordures ménagères - Variations hebdomadaires pendant le mois de Mars 2005****1<sup>ère</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	1000	510	1100	90	40	45	1855
D							
L	400	260	855	40	00	20	1065
M	850	300	600	38	10	28	1014
M							
J	460	450	700	45	08	20	957
V							

**2<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	1250	600	1900	30	00	35	1175
D							
L	900	255	700	50	10	28	697
M	300	270	600	10	20	29	1911
M							
J	480	350	800	40	60	00	910
V							

**3<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	760	613	2100	80	192	52	843
D							
L	456	266	750	38	50	36	846
M							
M	950	400	600	50	00	00	1000
J							
V	210	270	480	14	00	31	16

**4<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S							
D	342	342	570	45	00	36	1305
L							
M	900	260	750	15	08	12	695
M							

**Quantités d'ordures ménagères- Variations hebdomadaires pendant le mois d'avril 2005****1<sup>ère</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	564	220	2732	96	24	66	1062
D							
L	282	110	1518	48	12	33	637
M	305	200	2000	10	00	28	97
M							
J							
V	94	37	506	17	09	12	325

**2<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	444	200	1680	38	00	30	2248
D	222	106	480	10	16	10	1796
L	192	122	600	20	00	07	1699
M	260	175	993	40	16	18	1138
M							
J							
V	87	59	331	06	00	04	513

**3<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	780	525	2979	36	30	36	254
D							
L	200	128	775	12	00	16	1509
M	358	180	1000	00	00	00	1102
M							
J							
V	100	66	558	13	09	04	250

**4<sup>ème</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	890	680	2797	39	16	50	168
D							
L	192	134	875	15	07	13	1404
M	688	203	995	28	04	17	705
M							
J							
V	98	78	858	08	00	04	46

Les résultats de pesage des déchets ménagers du centre ville de Chlef au centre d'enfouissement de Meknassa pendant trois mois (avril, mai et juin). Sont répertoriées dans les tableaux suivants :

**Quantités d'ordures ménagères – Variation hebdomadaires pendant le mois de mai 2005**

**1<sup>ère</sup> semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S							
D							
L	557	289	3000	08	00	13	773
M	670	340	1200	16	00	09	389
M							
J							
V	229	110	697	15	28	16	95

**2eme semaine**

Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	557	329	2790	14	00	09	941
D							
L	750	359	1339	09	16	04	164
M	650	323	127	16	00	16	1488
M							
J							
V	198	97	675	07	34	08	19

**3eme semaine**

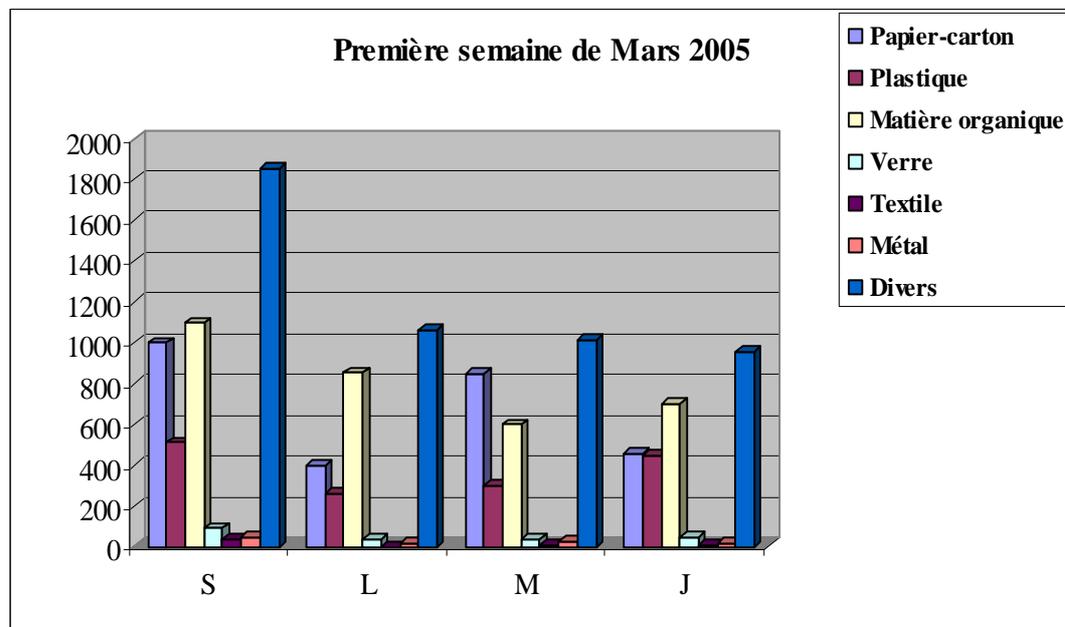
Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	434	228	3558	10	00	19	391
D							
L	350	198	809	17	04	09	1253
M	294	147	793	15	00	04	1387
M							
J							
V	328	210	431	18	09	09	05

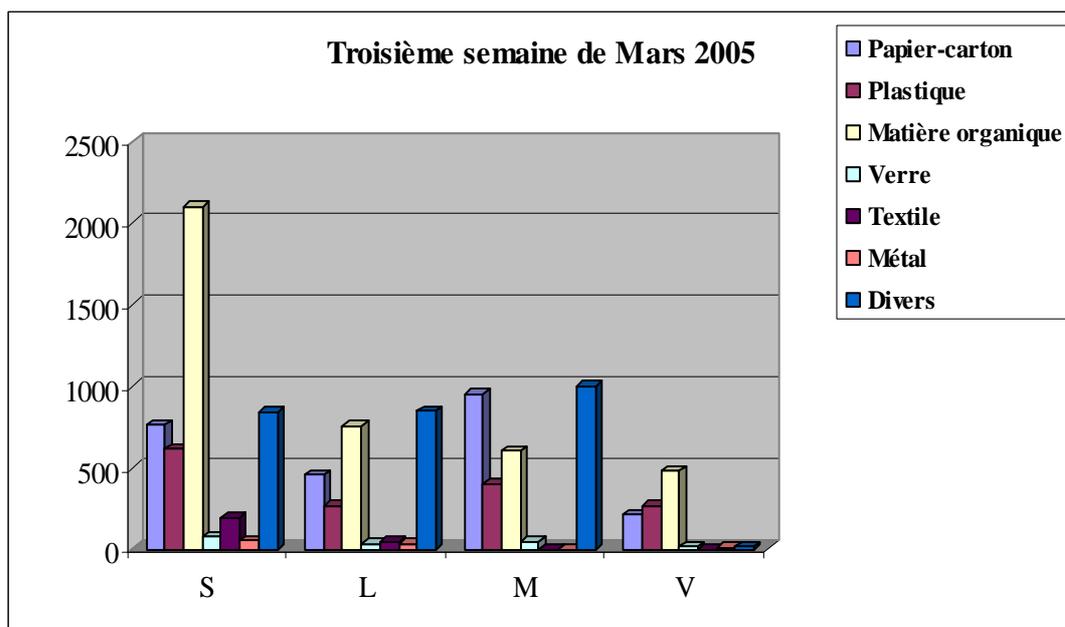
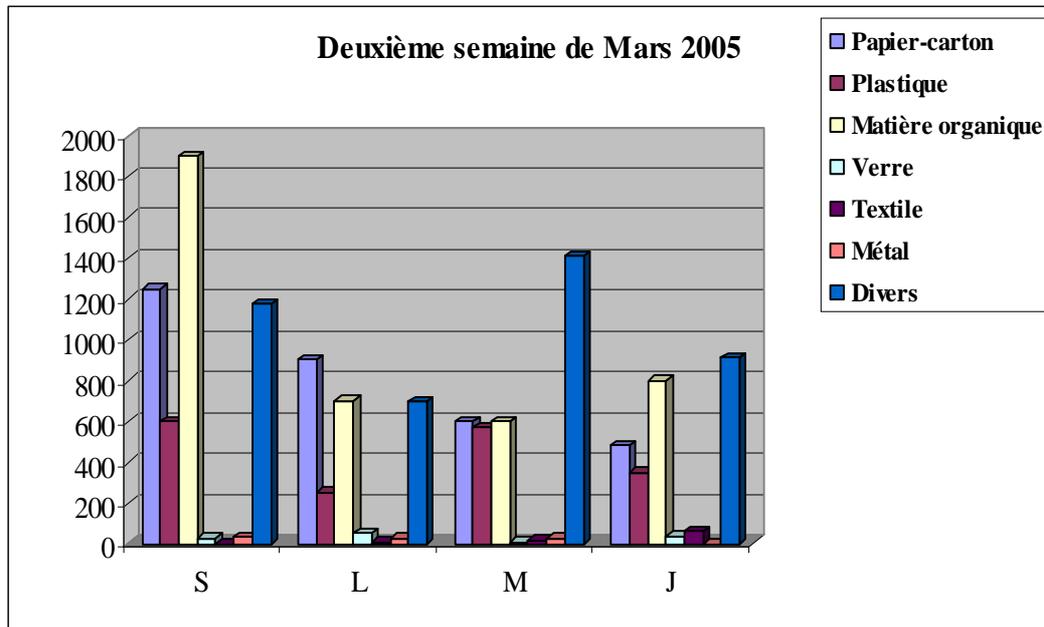
## 4eme semaine

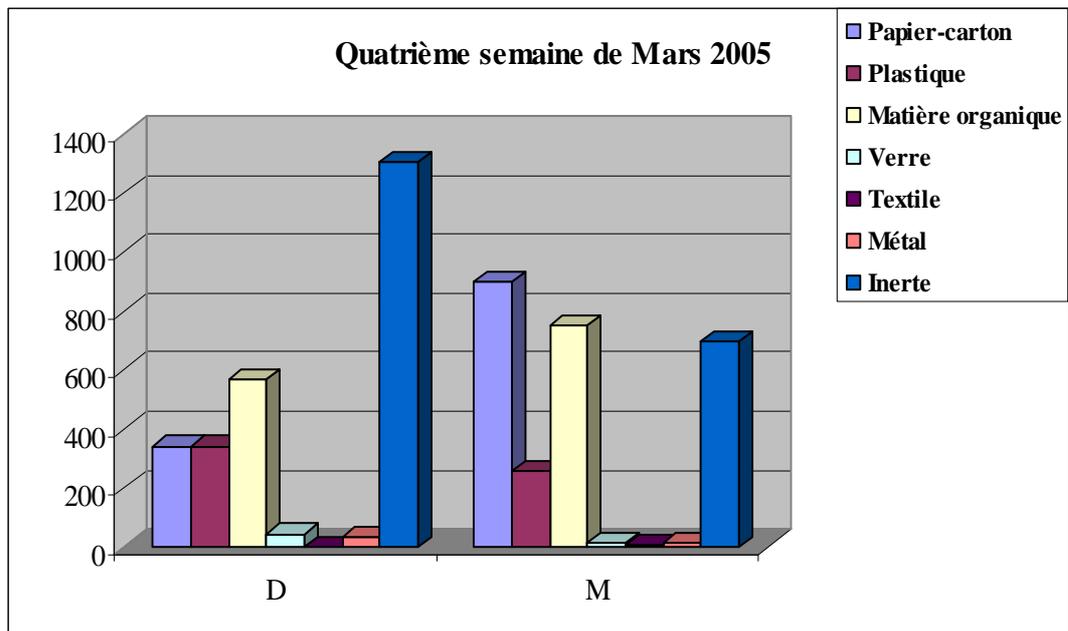
Déchets	Papier carton (kg)	Plastique (kg)	Matière organique (kg)	Verre (kg)	Textile (kg)	Métal (kg)	Divers (kg)
S	629	338	1572	19	00	12	2070
D							
L							
M	300	155	990	25	12	08	1150
M							
J							
V	359	402	560	17	04	02	344

Ces résultats de pesage des déchets ménagers peuvent être traduits par les histogrammes suivants pour mieux connaître l'évolution quantitative et qualitative de ces déchets :

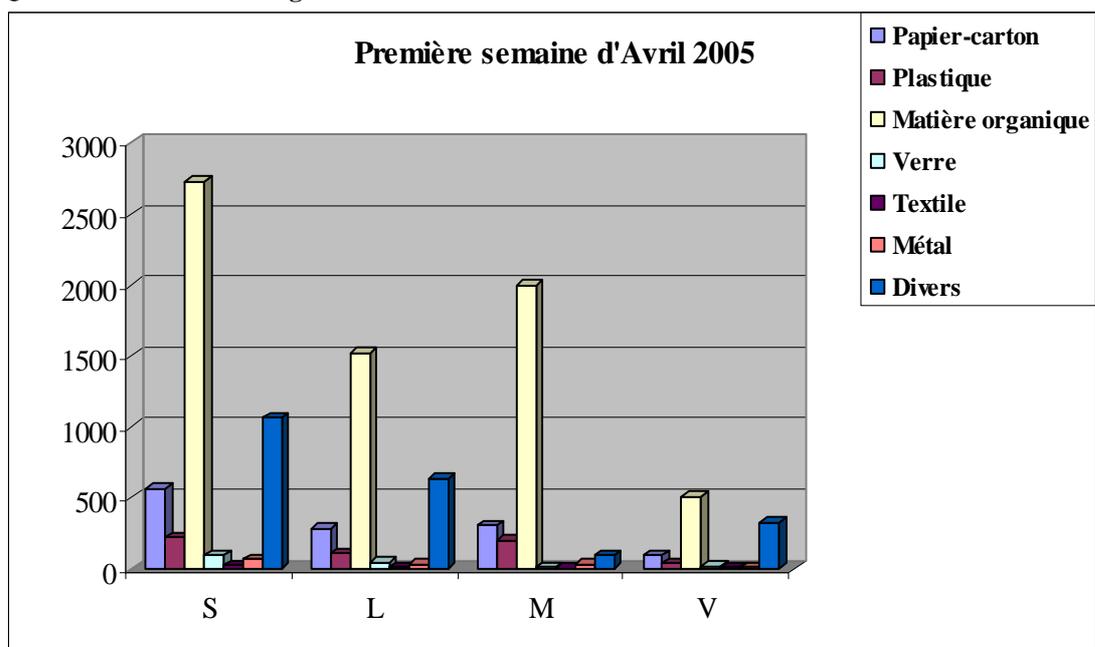
## Quantité d'ordures ménagères – Variations hebdomadaires Pendant le mois de mars 200

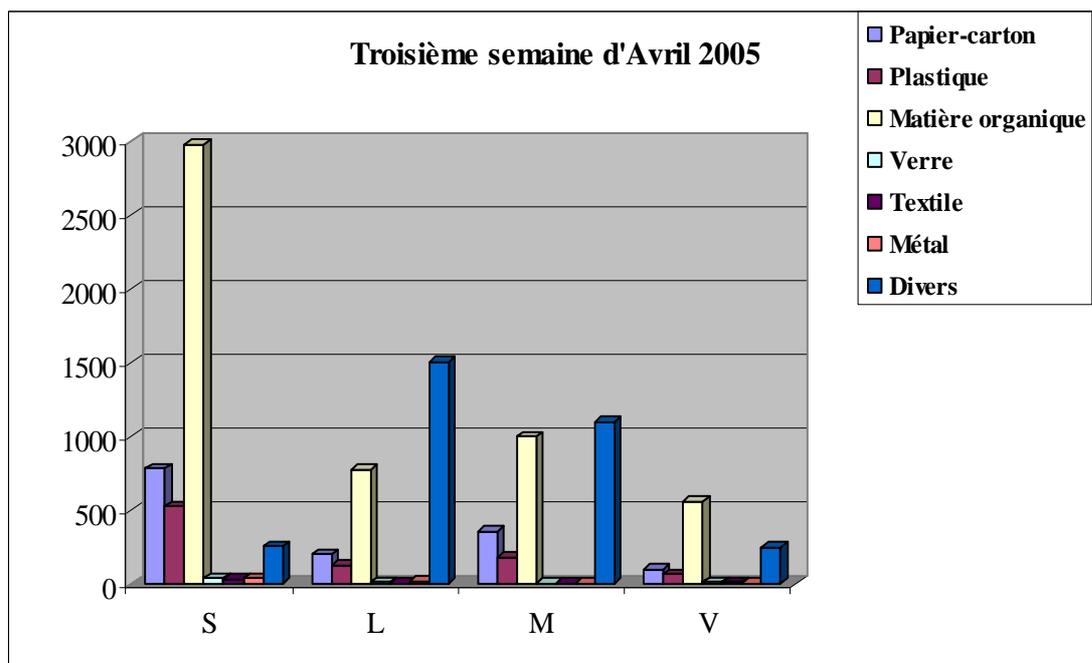
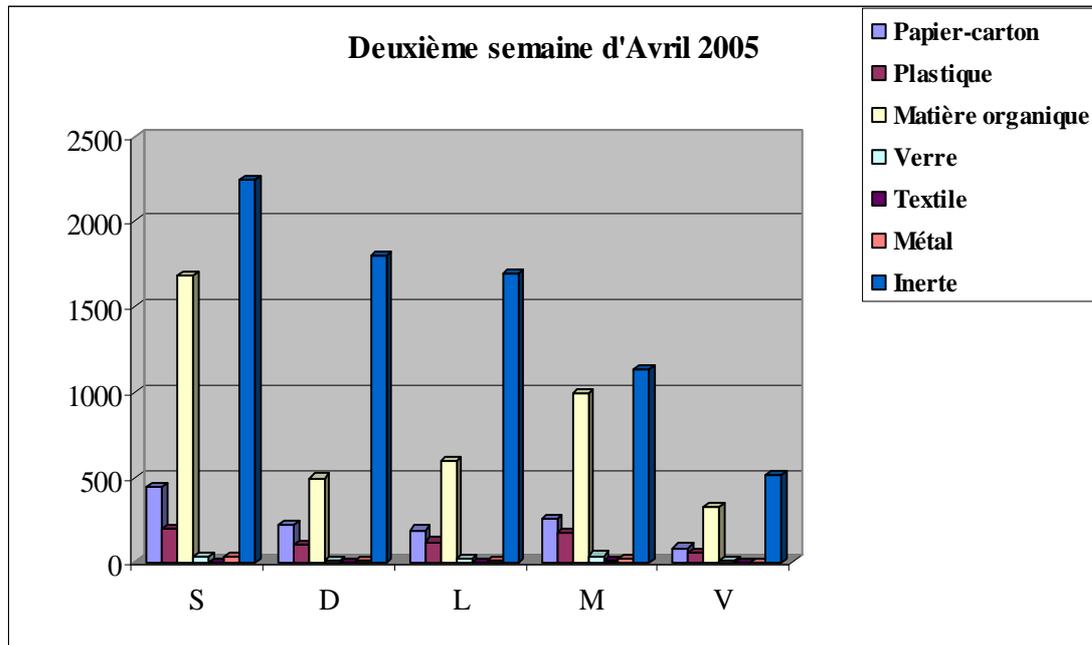


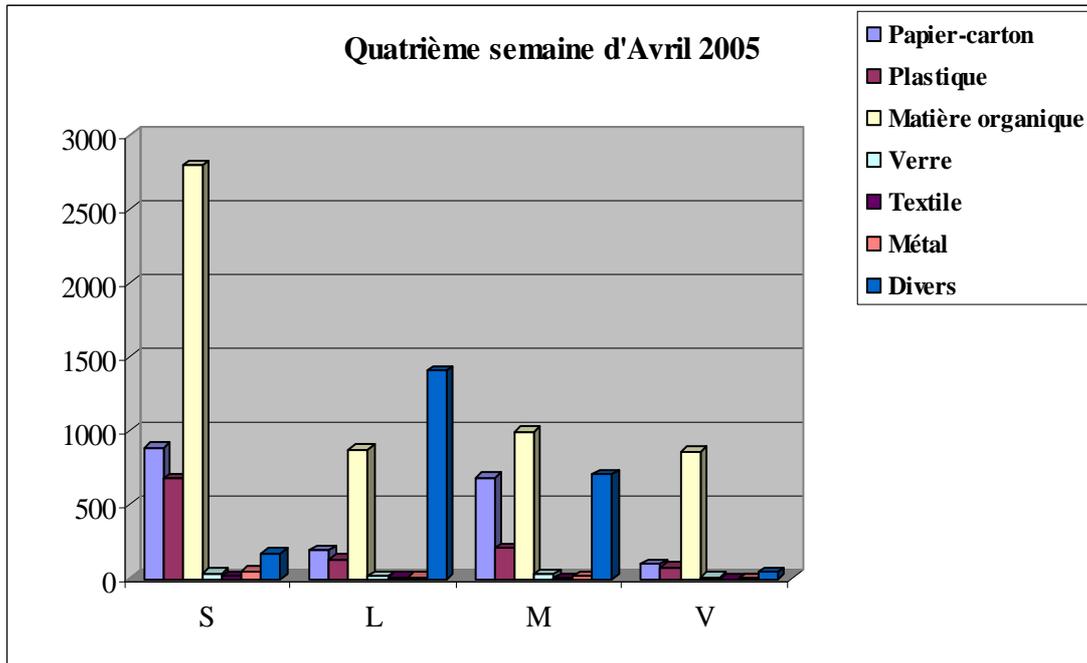




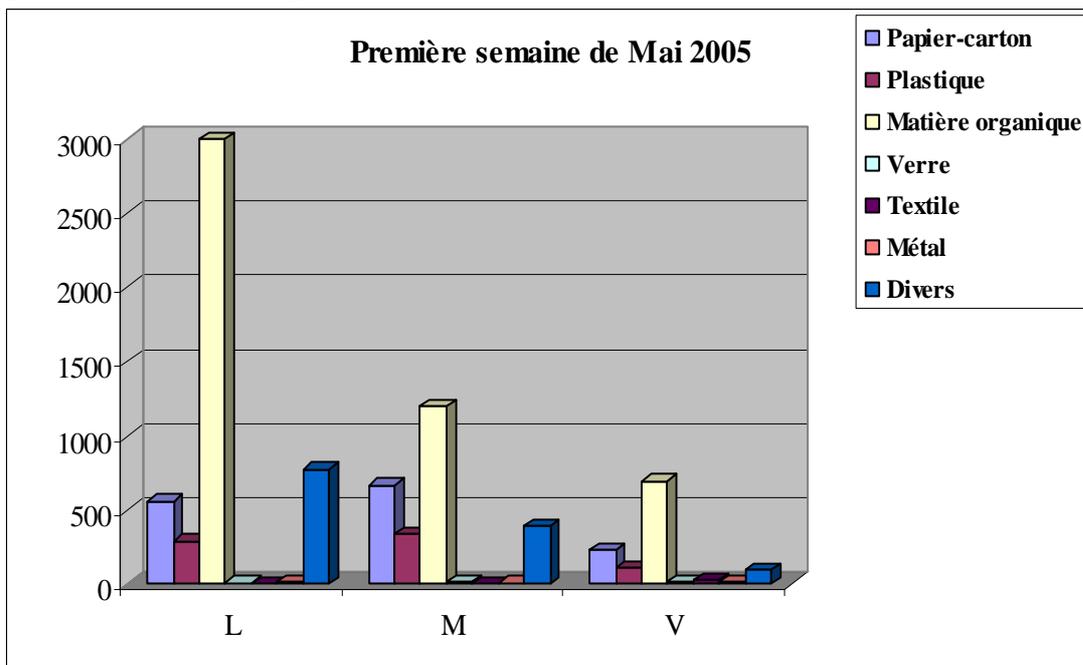
**Quantité d'ordures ménagères – Variations hebdomadaires Pendant le mois d'avril 2005**

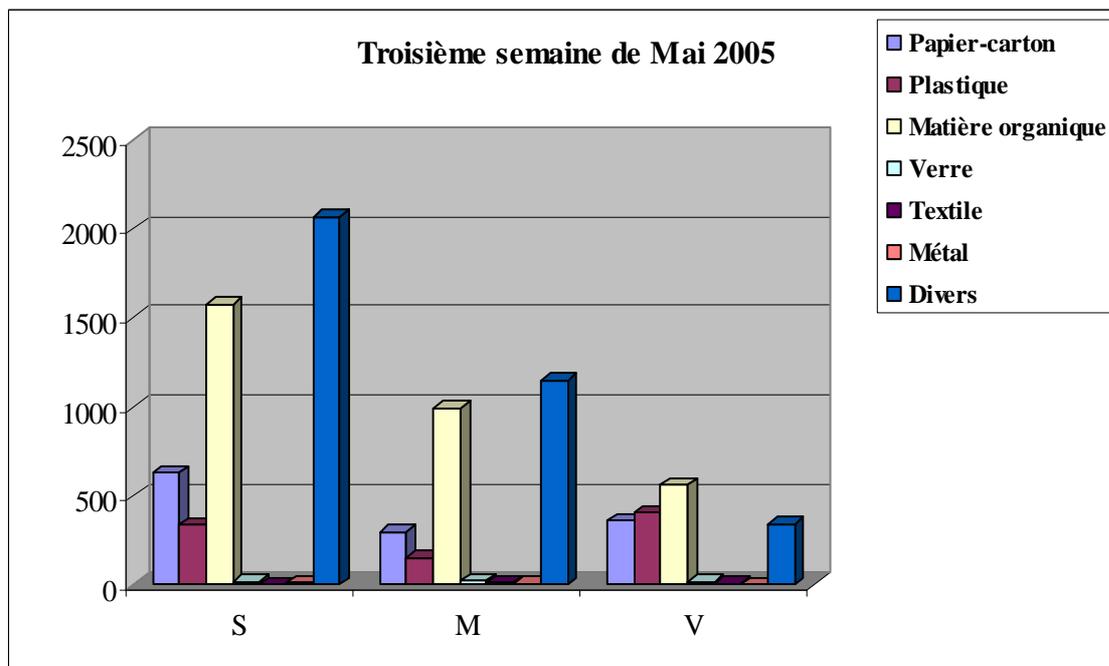
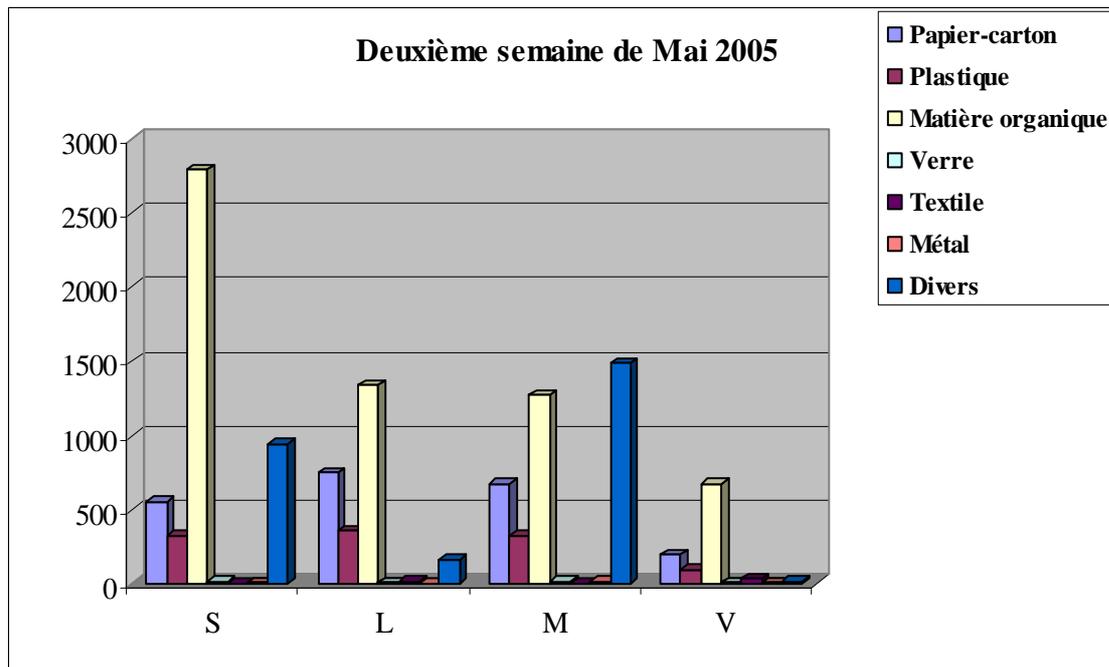


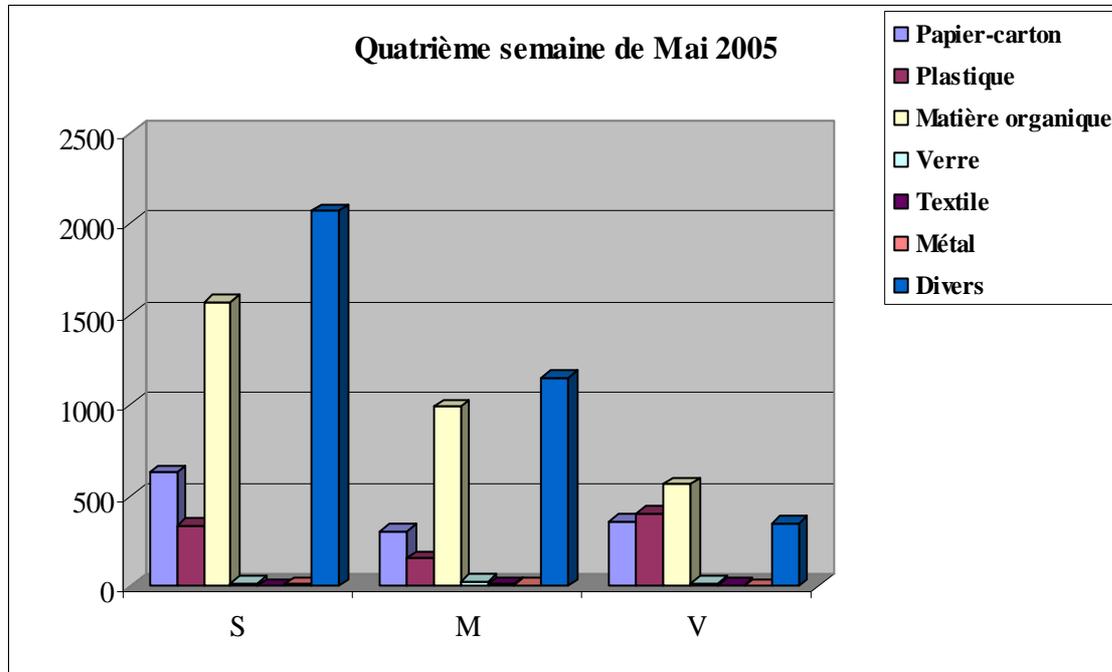




**Quantité d'ordures ménagères – Variations hebdomadaires Pendant le mois de mai 2005**







Le pourcentage par catégorie des déchets ménagers solide

**Le pourcentage des déchets ménagers par catégorie.**

Déchets Mois	Papier carton %	Plastique %	Matière organique %	Verre %	Textile %	Métal %	Divers %
Mars	21	12	30	1	0.9	0.8	32
Avril	12	7	47	0.9	0.3	0.7	32
Mai	16	9	47	0.5	0.2	0.4	26

### LEGENDE

<b>Autoroute</b> Route à deux chaussées séparées .....	
Route de très bonne viabilité (plus de 10,5 metres) .....	
Route de bonne viabilité (entre 7 et 10,5 metres) .....	
Route de moyenne viabilité (entre 5 et 7 metres) .....	
Route étroite (inférieur à 5 metres) .....	
Piste et chemin non revetu .....	
Sentier piétonnier .....	
Route en remblai (1) en déblai (2) .....	
Route bordée d'arbres .....	
Route Nationale surcharge Orange .....	
Chemin de Wilaya surcharge Jaune .....	
Chemin de fer à deux voies normales (1,435 m) .....	
Chemin de fer à une voie normale (1,435 m) .....	
Chemin de fer à voie étroite (1,05 m) .....	
Chemin de fer à voie abandonnée .....	
Chemin de fer à voie déposée .....	
Ligne électrique de haute tension .....	
Ligne électrique de moyenne tension .....	
Centrale électrique (1) Transformateur (2) .....	
Point géodésique (1) sur phare (2) sur minaret (3) sur koubba (4) .....	
Marabout (1) Hangar (2) Mosquée (3) Tombe isolée (4) .....	
Cimetière musulman (1) Chrétien (2) .....	
Construction remarquable (1) Ordinaire (2) Ruine (3) .....	
Silos (1) Reservoir d'Hydrocarbures .....	
Stade (1) Terrain de sport (2) .....	
Pont (1) Viaduc (2) .....	
Conduite forcée Au sol (1) Souterraine (2) .....	
Oued permanent (1) Temporaire (2) .....	
Oued bordé d'arbres .....	
Canal (1) Aqueduc (2) Fossé (3) .....	
Eau permanente (1) Sable humide (2) Galets (3) .....	
Chott et Sebkhha (1) Marais (2) .....	
Puits (1) Source (2) Bassin (3) Chateau d'eau (4) Reservoir (5) .....	
Barrage important (1) Retenue collinaire (2) .....	
Phare (1) Feu (2) Station de pompage (3) .....	
Courbes maitresse (1) Normale (2) Intercalaire (3) de Cuvette (4) .....	
Talus naturel (1) Sable sec (2) .....	
Forêt Bois (1) Maquis Arbore (2) Maquis epars (3) .....	
Vergers (1) Vigne (2) Alfa (3) .....	
Limite de végétation (1) Haie végétale (2) .....	
Limite d'état avec borne .....	
Limite de wilaya .....	
Limite de commune .....	

